«РЕМОНТ» № 42

Г. В. Куликов
Б. П. Хабаров



РЕМОНТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Принципы ремонта РИП

Оригинальные методики отыскания неисправностей в любых измерительных приборах

Приведены принципиальные схемы вольтметров, генераторов, источников питания, осциллографов, тестеров:

Б5-71
В7-16, В7-38
Г3-63, Г3-112/1, Г3-118
С1-55, С1-65, С1-68, С1-73
С1-94, С1-96, С1-107, С1-125
Щ4300

ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО СХЕМ



ISBN 5-93455-060-8
9 785934 550609

Г. В. Куликов, Б. П. Хабаров

Ремонт радиоизмерительных приборов

Рассмотрены общие принципы ремонта радиоизмерительных приборов и методики отыскания неисправностей в узлах радиоаппаратуры. Приведено описание структурных и принципиальных схем наиболее популярных радиоизмерительных приборов отечественного производства: вольтметра универсального цифрового **В7-38**, генератора сигналов низкочастотного **Г3-112/1**, осциллографа универсального **С1-125** и источника питания **Б5-71**. Рассмотрены методики их проверки, а также характерные неисправности приборов и способы их устранения.

В приложении приведены схемы: тестера **Щ4300**; осциллографов **С1-55, С1-65, С1-68, С1-73, С1-94**, **С1-96**, **С1-107**; генераторов **Г3-118, Г5-63**; вольтметра **В7-16**.

Книга может быть полезна специалистам, занимающимся ремонтом радиоэлектронных устройств, радиолюбителям, а также студентам ВУЗов и учащимся средних специальных учебных заведений.

Авторы выражают благодарность А. П. Седельникову, А. П. Филаткину и А. М. Зотову за большую помощь в подготовке книги.

Ответственный за выпуск *С. Иванов*
Макет и верстка *В. Смирнов*
Обложка *Е. Жбанов*

ISBN 5—93455—060—8

Содержание

Список сокращений

АРУ	автоматическое регулирование усиления
АВП	автоматический выбор пределов измерения
АЦП	аналого-цифровой преобразователь
АЧХ	амплитудно-частотная характеристика
ГПН	генератор пилообразного напряжения
ИМС	интегральная микросхема
КВО	канал вертикального отклонения
КГО	канал горизонтального отклонения
КМОП	комплементарные полевые транзисторы со структурой металл-окисел-полупроводник
НТД	нормативно-техническая документация
ОЭ	общий эмиттер
ОК	общий коллектор
ОБ	общая база
ООС	отрицательная обратная связь
ПОС	положительная обратная связь
ПУ	предварительный усилитель
ПХ	переходная характеристика
РИП	радиоизмерительный прибор
РЭА	радиоэлектронная аппаратура
РЭУ	радиоэлектронное устройство
СДМ	скрытый дефект монтажа
ТП	технические параметры
ТТЛ	транзисторно-транзисторная логика
ТФН	таблица функций неисправности
УГО	усилитель горизонтального отклонения
УВО	усилитель вертикального отклонения
УПТ	усилитель постоянного тока
ФЧХ	фазо-частотная характеристика
ЭЛТ	электронно-лучевая трубка
ЭРЭ	электрорадиоэлементы

1. Принципы ремонта радиоизмерительных приборов

В процессе эксплуатации РИП в них периодически возникают различного рода неисправности. Учитывая, что современные РИП обладают достаточно сложным схемным построением, процесс отыскания в них неисправностей часто бывает сложным и трудоемким и требует от специалиста, осуществляющего ремонт, хороших знаний и навыков в работе.

1.1. Общие вопросы ремонта РИП

Ремонт радиоизмерительных приборов обычно производится в следующей последовательности:

- устанавливается факт неработоспособности;
- определяется отказавший блок (модуль);
- выявляются неисправные электрорадиоэлементы (ЭРЭ) в вышедшем из строя блоке (модуле);
- восстанавливаются вышедшие из строя блоки (модули);
- проводится контроль работоспособности устройства;
- осуществляется регулировка устройства;
- проводится поверка отремонтированного устройства.

Все неисправности в РИП можно подразделить на механические и электрические. Механические неисправности возникают в механических узлах. Например, в галетных или кнопочных переключателях, в переменных и подстроечных резисторах, в механизмах настройки частоты и многих других. Электрические неисправности возникают в электрических цепях и проявляются в виде коротких замыканий, обрывов в микросхемах, транзисторах, конденсаторах, резисторах, дросселях, трансформаторах и др.

Большинство механических неисправностей и, в ряде случаев, электрических, выявляются при проведении визуального осмотра аппаратуры. Визуальным осмотром определяют качество монтажа, отсутствие обрывов в печатных дорожках и проводниках, качество паек (холодные пайки), а также контролируется соответствие номиналов резисторов и емкостей конденсаторов (рабочих напряжений) требованиям принципиальных схем. Часто при визуальном осмотре выявляются обуглившиеся резисторы, вздутые электролитические конденсаторы, наличие подтеков пропиточного материала в трансформаторах, механические повреждения в керамических конденсаторах и др.

О наличии электрических неисправностей в аппаратуре могут свидетельствовать запахи от перегретых обмоток трансформаторов, дросселей, резисторов, изменение тона звуковых колебаний, вызванных работой трансформаторов (гул с частотой 50 Гц). При проведении визуального осмотра необходимо вручную проверять качество крепления механических узлов (трансформаторов, дросселей, переключателей, электрических конденсаторов, переменных и полупеременных резисторов и др.).

После проведения ремонта РИП проводится контроль его работоспособности, который заключается в проверке нескольких технических параметров устройства. Например, в осциллографе, регулируется ли яркость свечения луча, перемещается ли луч вниз, вверх, осуществляется ли развертка луча при подаче на вход Y синусоидального сигнала и т.д.

После проведения контроля работоспособности РИП проводится его регулировка. Регулировочно-настроечные работы имеют целью приведение технических параметров РИП в соответствии с требованиями нормативно-технической документации (НТД) и заключаются в том, что, не изменяя электрической схемы прибора и его конструкции, путем подбора элементов схемы или подстройки ЭРЭ добиваются получения оптимальных значений выходных параметров. В начале производят регулировку отдельных блоков (модулей), а затем регулируется в комплексе весь РИП.

Ввиду того, что в большинстве случаев РИП используются для измерения технических параметров (ТП) и характеристик радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), то после проведения его ремонта, контроля работоспособности и регулировки РИП в обязательном порядке должен пройти метрологическую поверку с целью установления соответствия его основных ТП и характеристик требованиям нормативно-технической документации. К такой документации относятся: ГОСТы, ОСТы, ТУ, технические инструкции по эксплуатации, технические паспорта и т.п.

При поиске неисправностей в радиоизмерительных приборах широко используются вспомогательные приборы: осциллографы, вольтметры, мультиметры, логические пробники, генераторы логических сигналов, токовые трассировщики и другие.

С помощью осциллографа производят измерение параметров постоянных (при открытом входе) и переменных напряжений, длительностей фронтов и спадов импульсов, частоты и периодов колебаний. Осциллографы позволяют рассматривать на экране электронно-лучевой трубке (ЭЛТ) параметры модулированных радиочастотных сигналов, оценивать коэффициент модуляции и степень искажения модулированного сигнала. Кроме того осциллограф позволяет снять амплитудно-частотные (АЧХ) и фазочастотные (ФЧХ) характеристики и осуществить другие комплексные измерения в широком диапазоне частот. Появившиеся в последние годы цифровые осциллографы открыли новые возможности исследований благодаря запоминанию электрического сигнала и его последующей обработке с отделением сигналов от помех, а также воспроизведению принятых и преобразованных сигналов на печатающем устройстве и т.д. При работе с осциллографом следует знать и помнить, что он измеряет мгновенное значение размаха переменного напряжения U_P и тока, в отличие от вольтметров и цифровых мультиметров, которые измеряют действующее значение напряжения U и тока. Математическая связь этих величин описывается следующими формулами:

$U_P = 2 \cdot U_m$, $U_m = \sqrt{2} \cdot U$, откуда $U_P = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U$ или $U = U_P / (2 \cdot \sqrt{2})$,

где U_m – амплитудное значение напряжения.

Пример 1. Осциллографом измерен размах переменного напряжения U_P=28,2 В. Определить, какое значение напряжения покажет при этом вольтметр или цифровой мультиметр.

$$U = U_P / (2 \cdot \sqrt{2}) = 28{,}2/(2 \cdot 1{,}41) = 28{,}2/2{,}82 = 10В.$$

Пример 2. Какое значение размаха переменного напряжения покажет осциллограф, если с помощью его измерять напряжение в промышленной сети?

$$U_P = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 220 = 440 \cdot 1{,}41 = 620{,}4В.$$

Последний пример показывает, почему при измерении напряжения промышленной сети необходимо в обязательном порядке пользоваться делителем напряжения. В противном случае можно вывести прибор из строя, т.к. большинство осциллографов могут измерять наибольшее значение напряжения в диапазоне 80 – 160 В.

1.2. Технологическая схема контроля и поиска неисправностей в РИП

При отыскании неисправностей в РИП можно использовать технологическую схему контроля и поиска неисправностей, приведенную на рис. 1.1

Вверху технологической схемы указывается внешнее проявление неисправности, например, "отсутствует луч на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) осциллографа", "не перемещается луч по вертикали", "нет синусоидального сигнала на выходе генератора низкой частоты" и т.д.

На первом этапе специалист, осуществляющий ремонт устройства, изучает принцип работы устройства по электрическим схемам: структурной, принципиальной и монтажной.

После изучения взаимосвязей между наиболее вероятными неисправными блоками (модулями) устройства, проводят визуальный осмотр подозреваемых неисправных блоков (модулей). В случае, если при визуальном осмотре были выявлены, например, обугленные резисторы, вздутые электролитические конденсаторы, механические повреждения керамических конденсаторов и другие дефекты, эти элементы заменяют на заведомо работоспособные. Если при визуальном осмотре не выявлено неработоспособных элементов, то специалистом, в зависимости от вида неисправности, производится выбор методов поиска неисправностей и составляется алгоритм их поиска.

Необходимо отметить, что если составленный и реализованный на практике алгоритм не позволил выявить неисправности в аппаратуре, то это говорит о том, что специалистом не достаточно полно

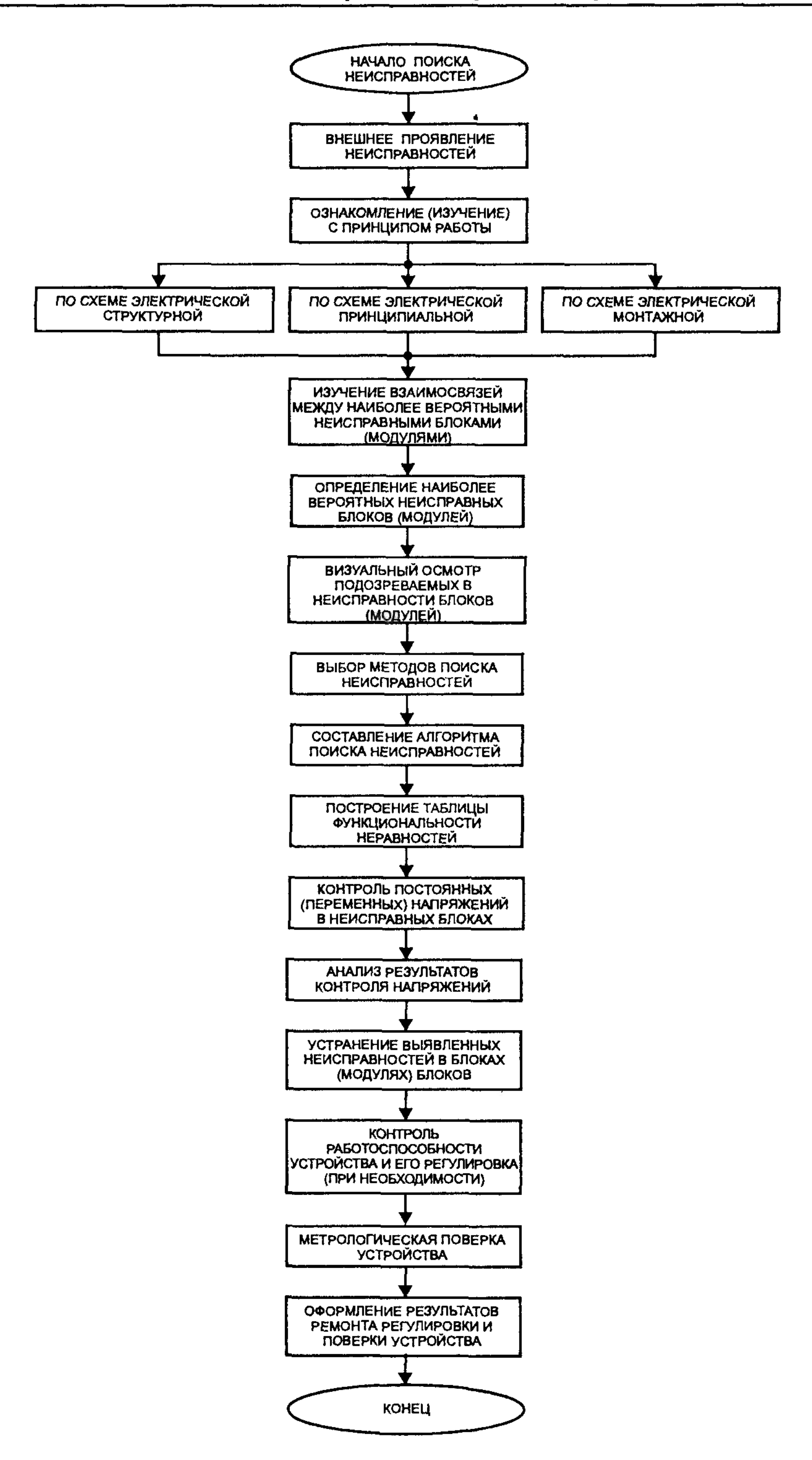


Рис 1 1. Технологическая схема контроля и поиска неисправностей в РИП

изучены принцип ее работы и методы поиска неисправностей в блоках (модулях) или в аппаратуре в целом.

На следующем этапе проводят построение таблицы функций неисправностей для радиоэлектронного устройства (РЭУ). Она представляет собой таблицу, в которой записаны значения статических (постоянных) и динамических (переменных) параметров (напряжений, токов и т.д.) в характерных контрольных точках схемы ремонтируемого устройства. Следует помнить, что постоянные напряжения определяют режим работы отдельных каскадов в схеме ремонтируемого блока (модуля). Более подробно методика разработки модели ремонтируемого устройства описана в разделе 1.3.

После составления модели в соответствии с выбранными методиками и алгоритмом выявляются и устраняются неисправности в РЭУ.

На следующем этапе работ проводят контроль работоспособности устройства и по его результатам, в случаях необходимости, осуществляют регулировку (комплексную регулировку).

Так как радиоизмерительные приборы применяются для измерений параметров (характеристик) различного рода радиоэлектронных устройств, то они в обязательном порядке должны после ремонта и регулировки пройти метрологическую поверку.

1.3. Описание моделей объектов ремонта

Процесс поиска неисправностей в устройствах представляет собой совокупность элементарных проверок, т.е. физических экспериментов над ремонтируемым устройством, определяемых значением воздействия, которое подается на устройство, а также его реакцией на это воздействие. Выявить неисправность можно только в том случае, если существует такое тестовое воздействие, реакция на которое у работоспособного и неработоспособного устройства различна. В общем случае может существовать несколько элементарных проверок, позволяющих выявить определенное техническое состояние устройства. Они различаются множеством контрольных точек, видом и последовательностью входных тестовых воздействий.

Разнообразие перечисленных возможностей вызывает необходимость формализации разработки процесса поиска неисправностей в устройстве. Первый этап формализации предполагает наличие некоторого описания ремонтируемого устройства и его поведения в работоспособном и неработоспособном состояниях.

Такое формальное описание в аналитической, векторной, графической или табличной формах называют математической моделью ремонтируемого устройства.

Любое устройство, в том числе и радиоизмерительный прибор, характеризуется зависимостью множества выходных параметров $\mathbf{Y}=\{Y_k\}$ от множества входных $\mathbf{X}=\{X_k\}$ и внутренних $\mathbf{A}=\{A_k\}$ переменных. Поведение модели устройства в общем случае зависит от времени *t*:

$$\mathbf{Y} = F(\mathbf{X}, \mathbf{A}, t). \qquad (1)$$

Такая запись представляет систему передаточных функций работоспособного устройства.

Неисправность, возникшая в устройстве, приводит к искажению передаточных функций, характеризуемых множеством моделей неработоспособного объекта:

$$\mathbf{Y}^i = F^i(\mathbf{X}, \mathbf{A}^i, t), \qquad (2)$$

где i = 1, 2, 3, ... M – номера неисправных состояний.

Часто в явном виде задается только модель работоспособного устройства, а модели (2) подлежат разработке. Для большинства сложных устройств обычно не удается составить модель (2), используя только внешние узлы – основные входы и выходы. Поэтому система уравнений (2) обычно должна включать описание внутренних, электрических и временных зависимостей, выявленных на расширенном множестве функциональных узлов.

Обозначим множество всех допустимых элементарных проверок ремонтируемого устройства $\mathbf{P}=\{P_j\}$. Допустимыми будем считать все физически осуществимые элементарные проверки при поиске неисправностей. Каждая проверка характеризуется значением X_j воздействия, подаваемого на ремонтируемое устройство, составом контрольных точек и значением реакций устройства на эти воздействия.

В общем случае число возможных результатов проверки определяется числом контрольных точек в устройстве и числом воздействий X_j на него.

Ответные реакции R_j на X_j входные воздействия для работоспособного (3) и неработоспособного (4) устройств определяются уравнениями:

$$R_j = F(P_j) \qquad (3)$$

$$R_j^{\,i} = F^i(P_j^{\,i}) \qquad (4)$$

Элементарные проверки позволяют обнаруживать любое состояние из множества неработоспособных состояний S_{HP} устройства, если найдется хотя бы одна проверка P_j, для которой ответные реакции у работоспособного R_j и неработоспособного R_j^1 устройства различны, т.е. $R_j \neq R_j^1$.

Для разработки процедуры поиска неисправностей необходимо получить множество реакций для всех допустимых элементарных проверок P_j и выбрать те проверки из множества $\{P_j\}$, которые позволяют различить все состояния из множества технических состояний устройства **S**.

Процесс поиска неисправностей при этом требует глубокого анализа результатов измерений, большого числа вычислительных операций и многократного сравнения их результатов.

Процесс поиска неисправностей в устройстве значительно усложняется, поэтому аналитические методы разработки этого процесса в устройствах нашли применение в тех случаях, когда устройства по схемным решениям просты и мощность множества технических состояний **S** ограничена (например, только с одиночными неисправностями), а элементарные проверки проводятся с помощью однотипных входных воздействий.

Более проста, наглядна и удобна при анализе и разработке процедуры поиска неисправностей табличная модель устройства.

Таблица, отображающая реакции устройства на все допустимые элементарные поверки для всего множества возможных технических состояний, называется таблицей функций неисправности устройства (ТФН). Она представляет собой универсальную математическую модель устройства. Задание ТФН эквивалентно заданию моделей (2) и (3). Одна из таких ТФН приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Пример таблицы функций неисправности устройства

Техническое состояние		S_1	S_2	S_3	…	S_k
Элементарные проверки	Заданная реакция	R_1	R_3	R_5	…	R_n
P_1	Реакция РЭУ на P_1	R_2	R_4	R_6	…	R_m
P_2	Реакция РЭУ на P_2	R_7	R_3	R_5	…	R_k
P_n	Реакция РЭУ на P_n	R_1	R_3	R_5	…	R_n

Анализ приведенной ТФН показывает, что элементарные проверки P_1 и P_2 позволяют установить факт наличия неисправностей в радиоэлектронном устройстве, т.к. на элементарную проверку P_1 ответная реакция не совпадает с заданными в таблице реакциями работоспособного РЭУ, т.е. $R_1 \neq R_2$, $R_3 \neq R_4$, $R_5 \neq R_6$, $R_n \neq R_m$.

После проведения ремонта РЭУ вторая элементарная проверка P_2 установила, что $R_1 \neq R_7$, а $R_n \neq R_k$.

После повторного ремонта (при необходимости регулировки) P_n элементарная проверка не позволила выявить различимость заданных R_j и ответных реакций, т.е. $R_1 = R_1$, $R_3 = R_3$, $R_5 = R_5$, $R_n = R_n$. Таким образом, после ремонта и регулировки устройства его техническое состояние стало работоспособным.

Множество элементарных проверок позволяет обнаруживать неисправности в устройствах. Одна из задач оптимизации процесса поиска неисправностей состоит в сокращении числа элементарных проверок, обеспечивающих требуемую глубину поиска неисправностей.

При проведении ремонта радиоизмерительных приборов специалист, осуществляющий его ремонт, в обязательном порядке должен построить ТФН на основе таблиц, приведенных обычно в приложениях к инструкциям по эксплуатации устройств, технических паспортах и других документах. Пример такой ТФН приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Таблица функций неисправности фрагмента электронного модуля

Измеряемые параметры		VT1 Напряжение, В			VT2 Напряжение, В			VT3 Напряжение, В		
Контрольные точки		К	Э	Б	К	Э	Б	К	Э	Б
R_j	Заданная реакция	-0,6	+2,85	+2,2	+0,6	-6,3	-0,9	+0,4	+3,9	+3,0
P_1	Измерено	-0,58	+1,1	+2,5	+0,63	-6,1	-1,5	+11,5	+0,1	+0,015
P_2	Измерено	-0,59	+2,79	+2,1	+0,59	-5,8	-0,92	+0,43	+3,7	+2,9

Первая элементарная проверка (P_1) установила различие всех ответных реакций при контроле постоянных напряжений на выводах транзисторов VT1 (Э) и VT2 (Б), т.е. установила наличие неисправностей.

После детального анализа причин несоответствия полученных при измерении результатов, локализации и устранения неисправностей была проведена вторая элементарная проверка, которая не позволила получить различие заданных и ответных реакций при контроле постоянных напряжений на выводах транзисторов VT1 – VT3.

Часто в приложениях к инструкциям по эксплуатации радиоизмерительных приборов в таблицах, кроме постоянных (переменных) напряжений, значений сопротивлений резисторов, приводятся также эпюры напряжений на выводах транзисторов, микросхем или в характерных контрольных точках принципиальной схемы.

Заметим, что, если в НТД не указаны допуски на отклонение заданных напряжений, то обычно их принимают равными ±20% от значений, заданных в таблицах.

В большинстве случаев, если постоянные напряжения на выводах транзисторов, микросхем и других элементов находятся в зонах допусков, то вероятнее всего, устройство работоспособно.

В случаях, если постоянные напряжения находятся в норме, а электрический сигнал на выходе устройства все же отсутствует, то неисправности следует искать во входных (согласующих) трансформаторах, разделительных конденсаторах (из-за обрывов в их обкладках), скрытых дефектах монтажа (СДМ) и т.п.

1.4. Методы поиска неисправностей в РЭА

Радиоизмерительные приборы (РИП) являются частью более общей совокупности технических средств – радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), поэтому к ним применимы общие методы поиска неисправностей. Кроме того, именно РИП используются для диагностики и ремонта РЭА. В данном разделе приведены основные методы, позволяющие эффективно отыскать и устранить возникшие неисправности в различных радиоэлектронных устройствах.

1.4.1. Метод анализа монтажа

Метод анализа монтажа целесообразно применять либо на ранних этапах поиска неисправностей в аппаратуре – при аварийном режиме работы устройства (нет смысла использовать другие методы), либо на поздних этапах, когда с помощью других методов выявлены наиболее вероятные неисправные блоки (модули).

Принципиальная схема устройства не отражает наличие в схеме всех ЭРЭ, их работоспособности, перемычек, изолирующих проводов, паек, поэтому при визуальном осмотре устройства очень часто обнаруживается, что некоторые элементы изменили форму, цвет, размеры и т.д. Эта информация позволяет предположить наличие неисправности в том или в ином ЭРЭ, проводке, печатных дорожках, пайке и т.д.

Все изменения в монтаже можно рассматривать как поток информации от устройства к специалисту, осуществляющего его ремонт. Этот поток информации сравнивается с представлением о монтаже работоспособного устройства, и на основе сравнения (-) вырабатываются суждения о соответствии (=) или о несоответствии (≠) монтажа заданным требованиям, после чего выбирается дальнейший метод поиска неисправностей.

Структурная схема при поиске неисправностей методом визуального осмотра монтажа приведена на рис 1.2.

Необходимо отметить, что метод анализа монтажа позволяет визуально ускорить поиск неисправностей в радиоаппаратуре.

1.4.2. Метод измерений

Метод измерений применяется в тех случаях, когда уже имеется информация о предположительном местонахождении неисправности в блоке (модуле). Суть метода заключается в том, чтобы после

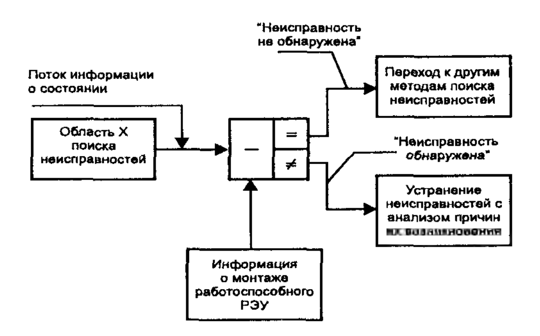


Рис. 1.2. Структурная схема поиска неисправностей методом анализа монтажа

проверки значений постоянных (переменных) напряжений в схеме РЭУ найти противоречия в его работе и на их основе отыскать неисправные ЭРЭ.

При поиске неисправностей результаты измерений сравниваются с данными, приведенные в разработанной ТФН в графе "Задано". Структурная схема поиска неисправностей методом измерений приведена на рис. 1.3.

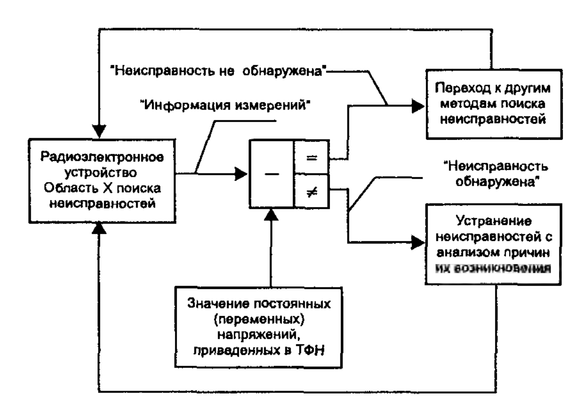


Рис. 1.3. Структурная схема поиска неисправностей методом измерений

При данном методе проводят измерения величины постоянных (переменных) напряжений в характерных контрольных точках схемы РЭУ, либо формы электрических сигналов, длительности импульсов, фронтов и спадов импульсов и т.д. Для этих целей используют вольтметры, мультиметры, осциллографы и другие приборы.

Поиск неисправностей с помощью этого метода измерений производится в следующей последовательности:

1. Последовательным измерениями в области **X** находят элементы, напряжение на выходе которых отличается от значения, указанного в ТФН в графе "задано" более, чем на ±20%.
2. Проводится анализ результатов измерений и на их основе отыскивается подмножество ЭРЭ, электрически связанных с элементом X_k, которые могут влиять на изменение его рабочего режима.
3. Выявляется и устраняется неисправный ЭРЭ (в частном случае им может оказаться и сам элемент X_k).

Если неисправность определена в достаточно узкой области **X**, то обычно проводят измерения не параметров электрических сигналов, а определяют работоспособность интегральных микросхем (ИМС), транзисторов, диодов, трансформаторов и других активных и пассивных ЭРЭ.

В качестве практического примера поиска неисправностей в РЭУ методом измерений можно привести алгоритм поиска неисправностей в усилителе вертикального отклонения (УВО) осциллографа С1-94. Схема УВО и алгоритм приведены на рис. 1.4 и 1.5, соответственно.

1.4.3. Метод воздействия

Метод воздействия заключается в том, что специалист, осуществляющий ремонт РЭА, воздействует на различные участки схемы. Реакция устройств на эти воздействия дает дополнительную информацию о месте нахождения дефектов. Таким способом воздействия являются: установка перемычек, за-

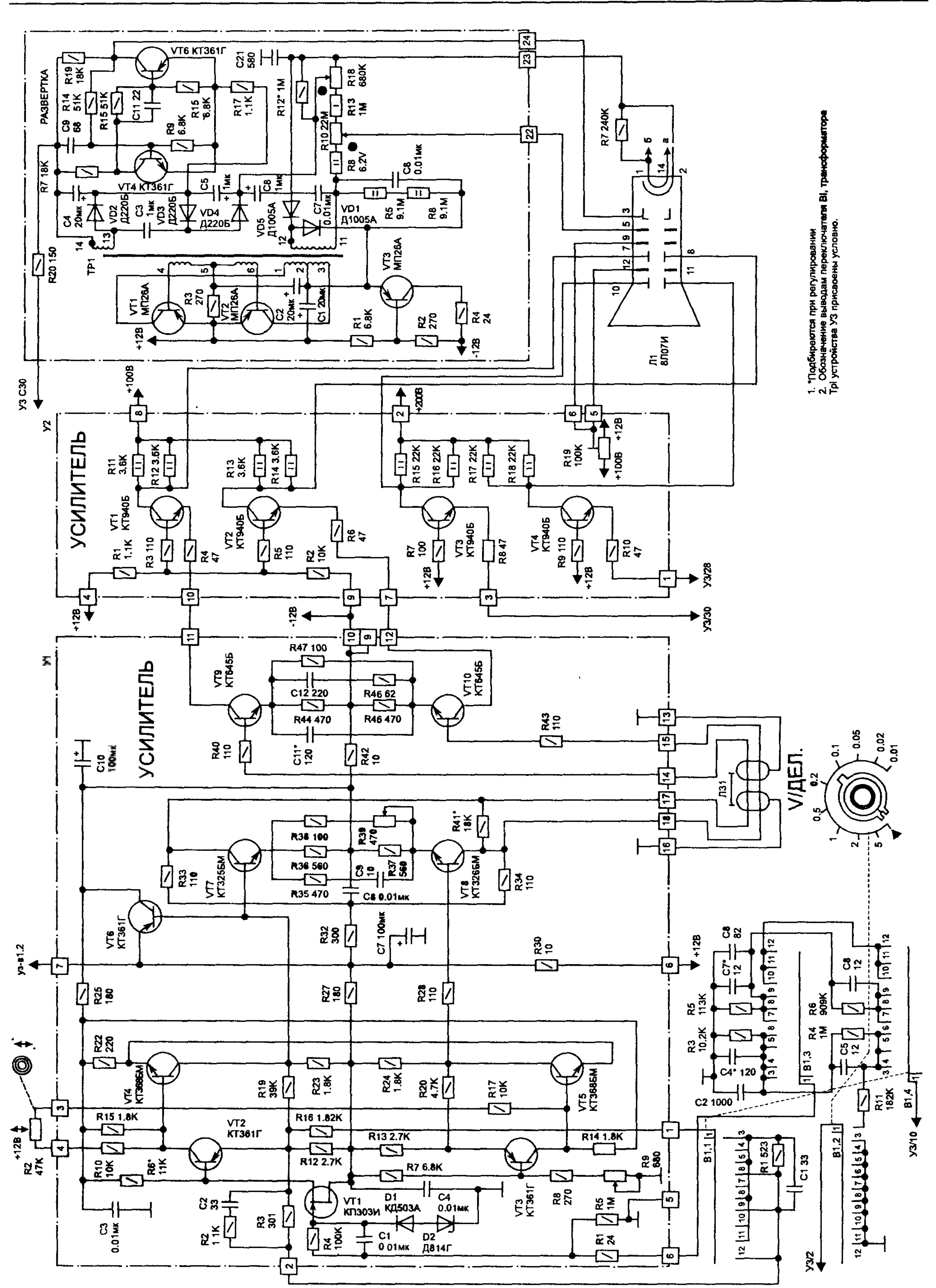


Рис. 1.4. Принципиальная схема УВО и высоковольтного источника осциллографа С1-94

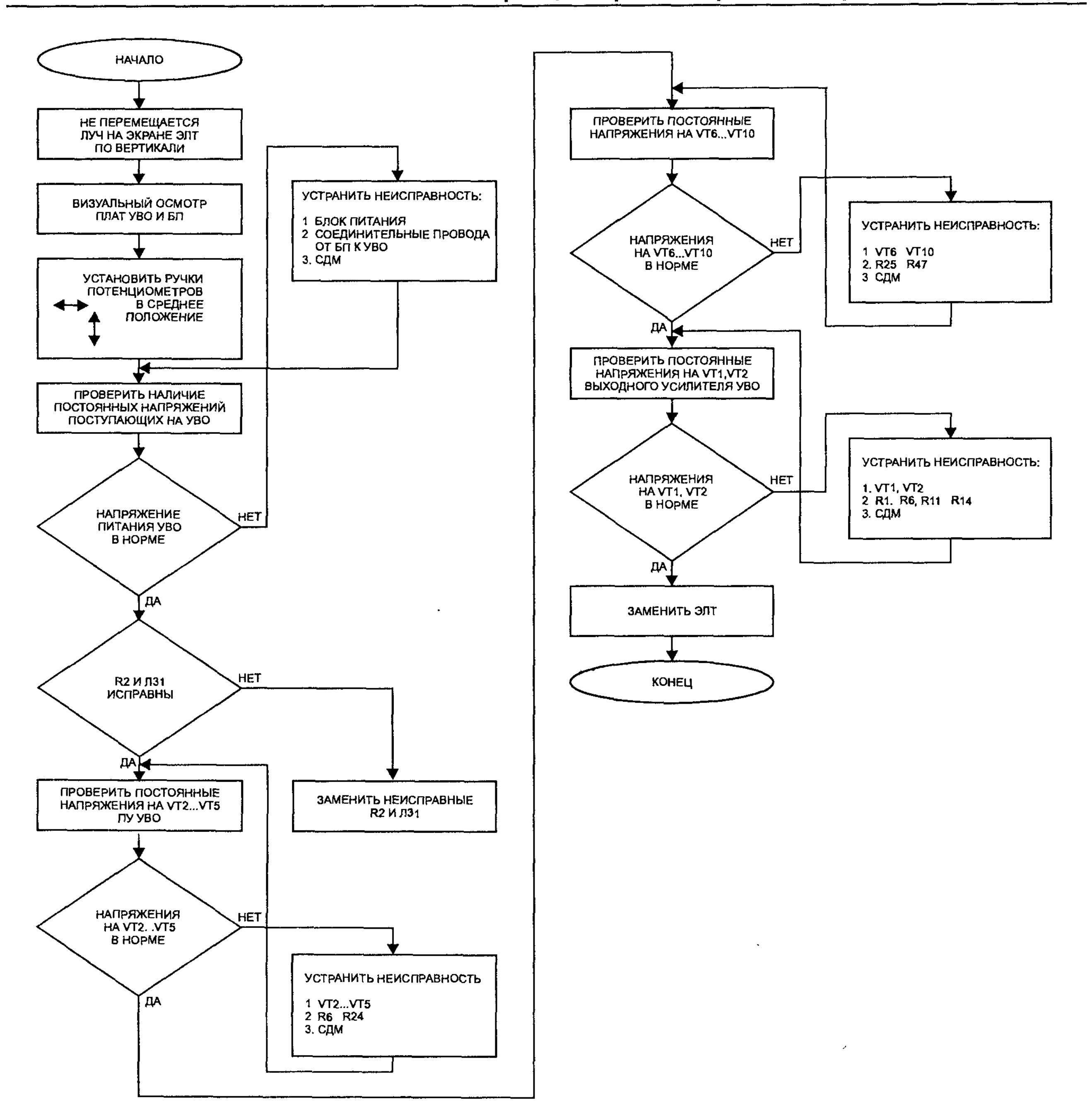


Рис. 1.5. Алгоритм поиска неисправности УВО осциллографа С1-94 методом измерений

мыкание контрольной точки на корпус, подключение работоспособного конденсатора параллельно другому ЭРЭ, подача электрических сигналов к различным участкам РЭУ и многие другие действия.

Структурная схема поиска неисправностей методом воздействия приведена на рис. 1.6.

Поиск неисправностей методом воздействия осуществляется в следующей последовательности:

1. На основе анализа результатов, полученных с помощью других методов, выбирается область воздействия **X**, в которой предположительно находится неисправность X_k. Выбор области **X** необходимо производить с учетом оптимальных шагов воздействия на РЭУ.
2. Производится выбор способов воздействия, основными требованиями к которым являются следующие факторы: безопасность для специалиста, осуществляющего ремонт РЭУ, знание реакции РЭУ на воздействие, простота реализации, оперативность выполнения, исключение возможности внесения дополнительных неисправностей в РЭУ и другие.
3. Осуществляется воздействие.
4. По реакции РЭУ на воздействие и в результате сравнения ее с предполагаемой реакцией делается заключение о наличии или отсутствии неисправностей в выбранной области.

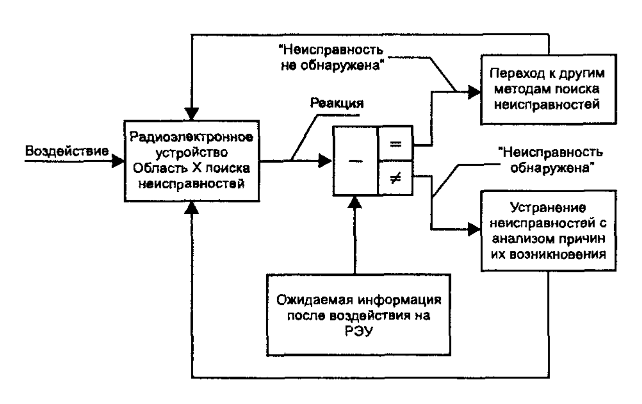


Рис. 1.6. Структурная схема поиска неисправностей методом воздействия

1.4.4. Метод исключения

Элементы, входящие в состав блоков (модулей) РЭУ, можно условно разделить на две группы: основные и вспомогательные. К основным относятся элементы, формирующие выходные параметры устройств, к вспомогательным относятся элементы, предназначенные обеспечивать качество выходных параметров. К их числу можно отнести устройства защиты по напряжению и току, устройства автоматического регулирования усиления (АРУ), устройства стабилизации выходного уровня, дополнительные фильтры по питанию и многие другие.

Если неисправный блок (модуль) после исключения вспомогательных элементов заработал, то значит неисправен вспомогательный элемент. Если же нет, то неисправность находится в основных элементах.

Метод исключения состоит в том, чтобы из неисправного РЭУ блока (модуля) изъять на некоторое время вспомогательные элементы (x′) и провести анализ работы РЭУ в целом.

Основными способами отыскания неисправностей в устройствах являются следующие мероприятия: отсоединение или "закорачивание" электрических цепей, отключение элементов, подозреваемых в неисправностях, исключение последовательных или параллельных цепей и другие.

В некоторых случаях временное "закорачивание" элементов схемы позволяет определить место неисправности или конкретно неисправный ЭРЭ. Например, допускается временное "закорачивание" дросселей фильтров по питанию, дросселей в усилительных устройствах.

Структурная схема поиска неисправностей методом исключения приведена на рис. 1.7.

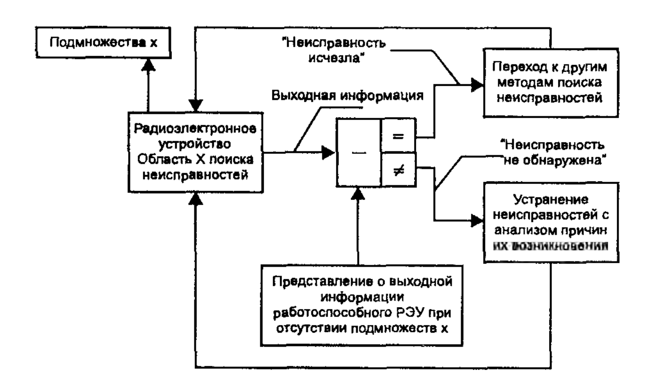


Рис. 1.7. Структурная схема поиска неисправности методом исключения

1.4.5. Метод разрыва цепи отрицательной обратной связи

Поиск неисправностей методом разрыва цепи отрицательной обратной связи рассмотрим на примере схемы компенсационного стабилизатора напряжения, приведенной на рис. 1.8. Алгоритм поиска неисправности показан на рис. 1.9.

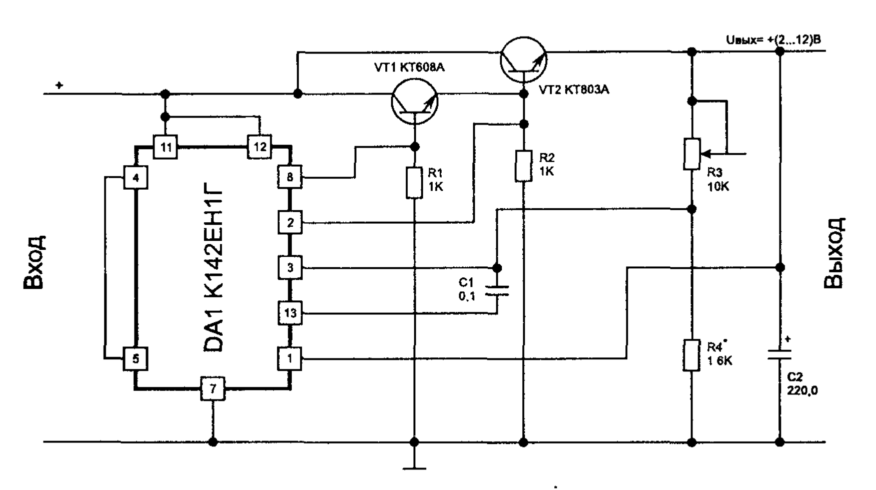


Рис. 1.8. Принципиальная схема компенсационного стабилизатора напряжения

Суть метода заключается в том, что, разрывая цепь отрицательной обратной связи, можно достаточно быстро определить, какие из ЭРЭ стабилизатора неисправны, не выпаивая их из схемы.

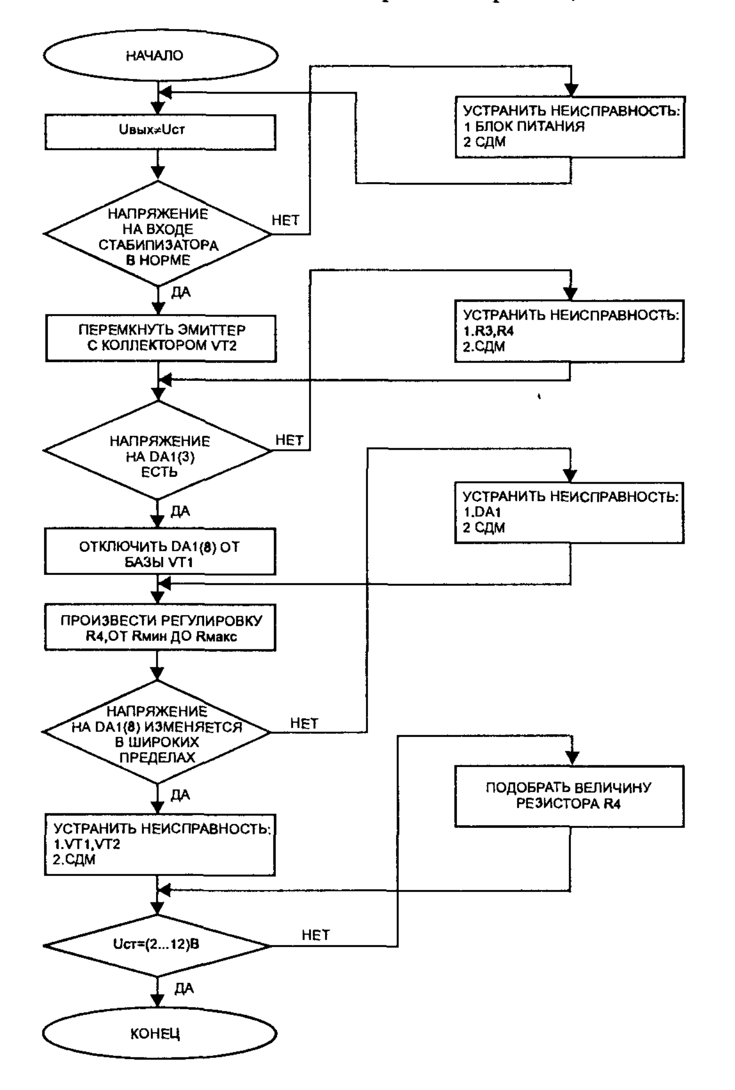


Рис. 1.9. Алгоритм поиска неисправности в компенсационном стабилизаторе напряжения методом разрыва петли отрицательной обратной связи

Удобно разорвать цепь обратной связи путем отключения базы транзистора VT1 от выхода микросхемы DA1 (вывод 8). Это можно сделать, аккуратно разрезав дорожку, соединяющую выход микро-

схемы с транзистором VT1. Затем необходимо задать ток через делитель обратной связи путем установки перемычки между коллектором и эмиттером транзистора VT2. Регулируя величину сопротивления резистора R4 от минимального до максимального значения, контролируют изменения постоянного напряжения на входе ИМС (вывод 3). Если напряжение не изменяется, то неисправными могут быть резисторы R3, R4, R5, либо имеются скрытые дефекты в монтаже.

Затем повторно регулируют величину сопротивления резистора R3 и контролируют изменение постоянного напряжения на выходе микросхемы (вывод 8). Если напряжение на выводе 8 не изменяется, то, вероятнее всего, неисправна микросхема, либо имеются скрытые дефекты монтажа, например, микротрещины в печатных дорожках, непропаянные выводы ЭРЭ, короткие замыкания ЭРЭ и т.д. Если же напряжение на выходе ИМС регулируется, то неисправны транзисторы VT1, VT2, либо имеются скрытые дефекты монтажа.

1.4.6. Метод последовательного контроля

Метод последовательного контроля заключается в последовательной проверке прохождения электрического сигнала от блока к блоку, от каскада к каскаду до обнаружения неисправности.

Данный метод целесообразно применять при поиске неисправностей в устройствах, содержащих незначительное число каскадов, выполненных на транзисторах и микросхемах. Одновременно с контролем прохождения электрического сигнала контролируются значения постоянных напряжений на выводах транзисторов и микросхем, после чего их значения сравниваются со значениями, приведенными в таблицах технических описаний, инструкций по эксплуатации и другой документации.

Метод последовательного контроля прохождения сигнала обычно используют по принципу “от конца к началу”, т.е. контроль наличия сигнала проводят в выходной части РЭУ, а затем постепенно перемещаются в сторону входа, пока не будет обнаружен нормальный сигнал.

Структурная схема поиска неисправности методом последовательного контроля приведена на рис. 1.10.

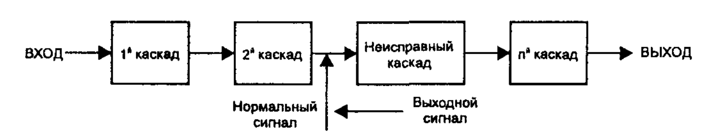


Рис. 1.10. Структурная схема поиска неисправностей методом последовательного контроля

1.4.7. Метод половинного деления схемы

Метод половинного деления схемы используется для контроля прохождения сигнала в многокаскадных РЭУ и заключается в проверке наличия сигнала на выходе каскада, расположенного примерно в середине половины, в которой имеется неисправность, и так далее, пока не будет обнаружен неисправный каскад. Структурная схема поиска неисправности приведена на рис.1.11.

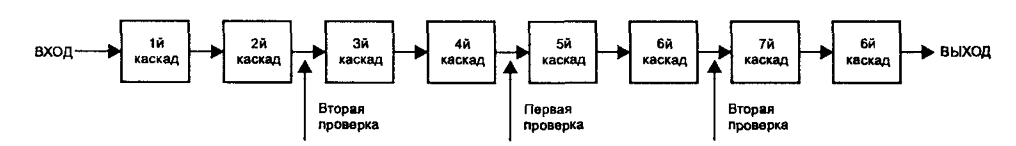


Рис. 1.11. Структурная схема поиска неисправности методом половинного деления схемы

Если радиоэлектронное устройство имеет, например, 8 каскадов, то первую проверку наличия сигнала проводят на выходе 4-го каскада. Если при этом сигнал будет отсутствовать, то вторую проверку проводят на выходе 2-го каскада. Если в начале контроля наличия сигнала в 4-ом каскаде сигнал имеется, а на выходе, т.е. в 8-ом каскаде нет, то вторую проверку проводят на выходе 6-го каскада. Метод половинного деления схемы позволяет значительно сократить время поиска неисправностей в РЭУ.

В качестве примера поиска неисправностей этим методом приведен алгоритм поиска неисправностей для выходного усилителя генератора Г3-123 (плата 4.237). Принципиальная схема приведена на рис 1.12, а алгоритм поиска неисправностей на рис 1.13.

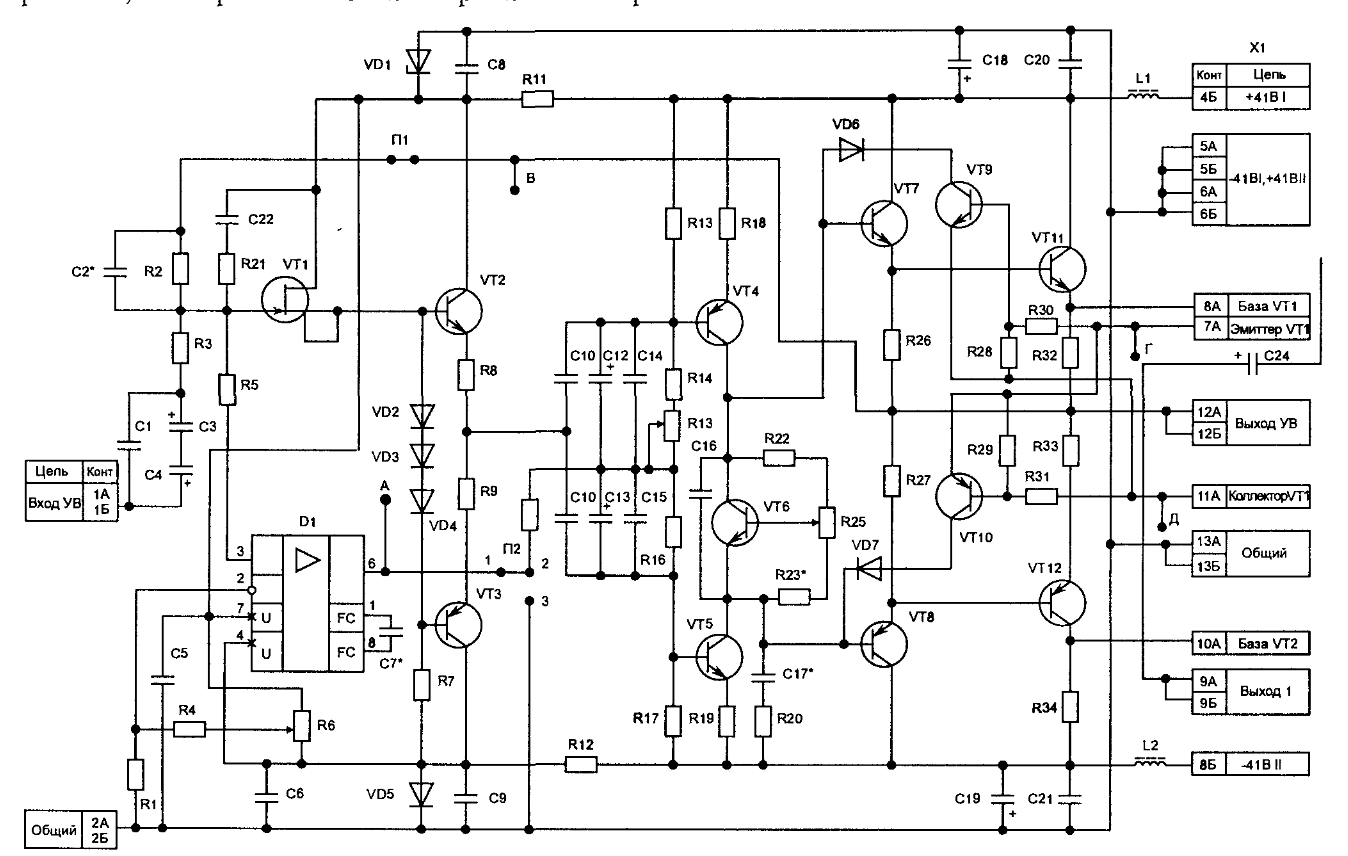


Рис. 1.12. Принципиальная схема выходного усилителя генератора Г3-123(плата 4 237)

1.4.8. Вспомогательные методы поиска неисправностей

К вспомогательным методам поиска неисправностей в РЭА можно условно отнести:

1. Метод замены.
2. Метод механических воздействий.
3. Метод электропрогона.

Метод замены состоит в том, что у специалиста, осуществляющего ремонт аппаратуры, имеется возможность заменить подозреваемый неисправный блок (модуль) на заведомо работоспособный.

При эксплуатации РИП, когда имеется некоторое количество однотипных приборов, можно аккуратно, не повредив работоспособный прибор, извлечь из него необходимый блок (модуль) и вставить его в неисправный. Если при этом окажется, что неисправный прибор заработал, то неисправность нужно искать в этом блоке (модуле) неисправного прибора. Метод достаточно прост и позволяет достаточно быстро определить неисправность в аппаратуре.

Метод механических воздействий применяют в тех случаях, когда неисправность имеет некоторую специфику. Например, при работе осциллографа на его экране кратковременно пропадает исследуемый сигнал, или на дисплее мультиметра периодически пропадает свечение одной из цифр и т.д. Причинами подобных явлений может служить:

1. Наличие “холодных” паек в платах.
2. Замыкание близко расположенных ЭРЭ между собою.
3. Замыкание соседних дорожек на печатной плате каплями припоя, обрезками выводов ЭРЭ и другие.

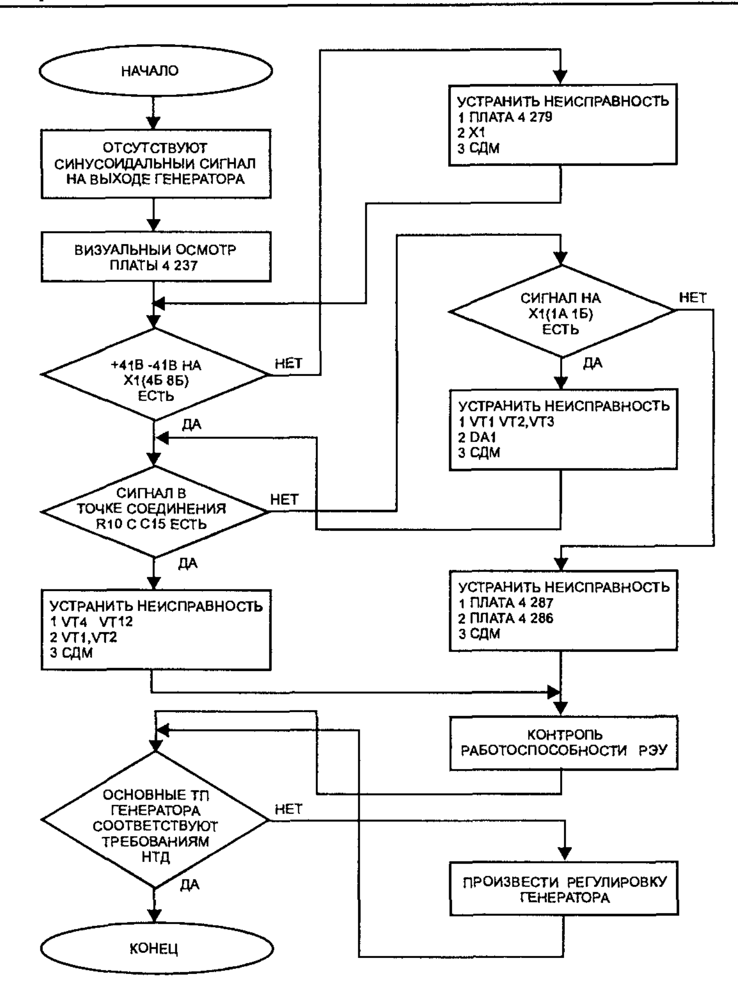


Рис 1 13 Алгоритм поиска неисправности в выходном усилителе генератора Г3-123 методом половинного деления схемы

4. Уменьшение упругости, загрязнения или деформация контактов в соединителях, держателях предохранителей, переменных резисторов и т.д.
5 Нарушение физической структуры материала и образование ненадежного механического контакта в местах пайки ЭРЭ на платах РЭУ

Поиск неисправностей с помощью метода механических воздействий производится при включенном РЭУ. Ненадежные контакты могут проявляться по-разному – либо кратковременно пропадать, либо быть уверенными и постоянными.

В первом случае плохой контакт может быть определен путем аккуратных ударов резиновым молоточком по местам пайки ЭРЭ к печатным проводникам печатных плат При этом не следует наносить удары по длинно торчащим из паек ЭРЭ, так как они могут загнуться и замкнуть соседние печатные проводники

В случае, если неисправность при механических воздействиях на плату проявилась, необходимо попытаться определить точное место плохого контакта. При этом можно использовать лупу, внимательно рассматривая качество распайки ЭРЭ, или при помощи пинцета пошатать выводы ЭРЭ со стороны монтажа и наблюдать, не двигаются ли они в местах распайки.

Для определения плохого контакта во втором случае можно рекомендовать применение тонкой палочки диаметром 5 – 8 мм, изготовленной из изоляционного материала. Для этого может подойти карандаш без грифеля, рукоятка тонкой отвертки и т.п. Ими необходимо водить по плате попеременно в различных направлениях, наблюдая за реакцией на эти действия. При поиске места ненадежного контакта необходимо чередовать нажим палочки на печатную плату от слабого (при сильном проявлении неисправности) до значительного (когда неисправность проявляется слабо).

Можно рекомендовать и другие способы обнаружения неисправности этим методом, например, аккуратное изгибание печатной платы в различных плоскостях, подергивание за проводники, жгуты и т.д.

Неплохие результаты дает пропайка соединительных штырей или подозреваемого ЭРЭ со стороны печатного монтажа платы. В этом случае РЭУ должно быть выключено.

Метод механических воздействий требует от специалиста определенных навыков работы, а сама процедура поиска неисправностей может оказаться достаточно трудоемкой и, главное, длительной. Поэтому, если имеется возможность заменить недорогостоящий блок (модуль) на заведомо работоспособный, то это необходимо сделать.

Метод электропрогона при поиске неисправности в радиоэлектронной аппаратуре применяют в тех случаях, когда они носят неустойчивый характер и метод механических воздействий не позволяет выявить эти неисправности. Электропрогон осуществляют путем включения РЭУ на длительный срок с повышенным напряжением питания (в пределах, допускаемых НТД), увеличением температуры в РЭА (тепловой удар) и т.д.

Конечной целью электропрогона является превращение обратимых неисправностей в ЭРЭ в необратимые. При электропрогоне проявляются неисправности внутренней структуры элементов, связанные с взаимным замыканием близко расположенных элементов вследствие их линейного расширения при нагреве. Например, плохие пайки становятся очевидными при длительном протекании тока через ЭРЭ. После достижения устойчивого проявления неисправности необходимо оперативно, чтобы не нарушить тепловой режим, произвести измерение напряжения в характерных контрольных точках схемы, либо напряжений на выводах транзисторов (микросхем). Электропрогон должен проводиться под постоянным наблюдением специалиста, осуществляющего ремонт аппаратуры.

1.5. Неисправности активных и пассивных электрорадиоэлементов

В большинстве случаев неисправности в РЭА возникают по причине выхода из строя активных и пассивных электрорадиоэлементов (ЭРЭ). К активным ЭРЭ относятся интегральные микросхемы (ИМС), транзисторы, тиристоры, стабилитроны и т.д. К пассивным ЭРЭ относятся резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели и т.д.

При проведении ремонтных работ необходимо уметь проводить контроль работоспособности активных и пассивных ЭРЭ как вне блоков (модулей), так и в их составе, т.е. без выпаивания их из плат, а также уметь определять неисправности в ЭРЭ.

1.5.1. Транзисторы

В большинстве случаев транзисторы используются в аналоговых РЭУ, таких как усилители, генераторы, стабилизаторы напряжения и тока, амплитудные ограничители и многие другие. Работоспособность биполярных транзисторов можно проверить при помощи омметра, путем измерения величины сопротивления между базой и эмиттером, базой и коллектором в обоих направлениях. Значения величины сопротивления по принципу "низкое"/"высокое" показаны на рис. 1.14.

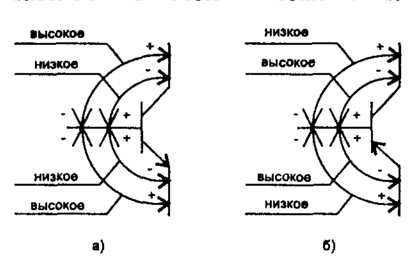


Рис. 1.14. Измерение величины сопротивления в n-p-n (а) и p-n-p (б) транзисторах

Необходимо отметить, что имеют место случаи, когда коротко замкнут участок цепи коллектор-эмиттер, несмотря на то, что оба перехода транзистора целы. Поэтому вначале нужно проверить, нет ли короткого замыкания в цепи коллектор-эмиттер.

Транзистор с периодическим обрывом перехода может оказаться временно работоспособным при его проверке с помощью омметра. Поэтому более достоверным является контроль режимов его работы по постоянному току в различных схемах включения (рис. 1.15).

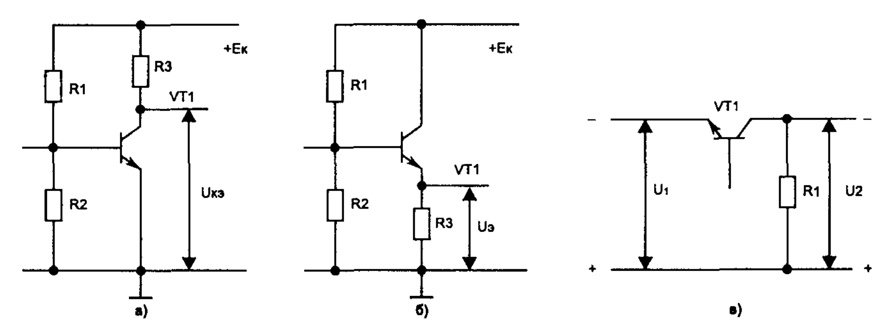


Рис. 1.15. Схемы включения транзисторов по постоянному току:
а) схема с ОЭ; б) схема с ОК; в) схема с ОБ

Неисправности в транзисторах, включенных по схеме с общим эмиттером (ОЭ).

1. Uкэ=0 – короткое замыкание между коллектором и эмиттером или транзистор находится в насыщении из-за неисправных ЭРЭ либо скрытых дефектов монтажа (СДМ) схемы. Режим насыщения переходов транзистора легко определить, если закоротить его базовый вывод на общий провод. При этом у работоспособного транзистора указанное напряжение станет близким к Ек из-за того, что переходы "база-эмиттер" и "база-коллектор" закрываются и транзистор стягивается (существует такой термин) в "точку". Если этого не происходит, то транзистор неисправен и подлежит замене на работоспособный.
2. Uкэ=Ек – обрыв одного из переходов транзистора или транзистор находится в режиме отсечки из-за неисправных ЭРЭ, запирающего напряжения либо СДМ.

При этом в первую очередь необходимо проверить напряжение между базой и эмиттером, которое должно быть примерно равным следующим величинам:

Uбэ +(0,6 – 0,7) В – для транзистора n-p-n,

Uбэ -(0,6 – 0,7) В – для транзистора p-n-p.

Если напряжения Uбэ значительно отличается от указанного, то необходимо более тщательно проверить ЭРЭ и цепи, откуда поступает запирающее напряжение на базу транзистора.

Неисправности в транзисторах, включенных по схеме с общим коллектором (ОК)

1. Uэ = 0 – обрыв одного из переходов или транзистор заперт.
2. Uэ = Ек – транзистор "пробит" или находится в режиме насыщения.

Режим насыщения определяется также, как в схеме с ОЭ.

Неисправности в транзисторах, включенных по схеме с общей базой (ОБ)

1. $U_2 = 0$ – обрыв одного из переходов транзистора или транзистор заперт.
2. $U_2 = U_1$ – транзистор "пробит" или находится в режиме насыщения.

Режим насыщения определяется так же, как в схемах с ОЭ и ОК путем "закорачивания" базового вывода транзистора на общий провод.

При проведении ремонта РИП необходимо знать, как влияют те или иные элементы схемы на величину напряжения на выводах транзистора. Для примера рассмотрим схему резистивного усилителя (рис. 1.16).

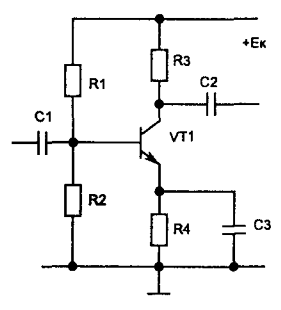


Рис. 1 16. Обобщенная схема включения транзистора в усилительном каскаде

Симптом 1: пониженное напряжение на коллекторе транзистора VT1.

Причины: уменьшение напряжения питания Ек, “пробой” транзистора VT1, повышенные токи утечки конденсаторов С1, С2, С3, обрыв в резисторах R2, R3.

Симптом 2: повышенное напряжение на коллекторе транзистора VT1.

Причины: обрыв одного из переходов транзистора VT1, обрыв резисторов R1, R4. Проверить режим насыщения транзистора можно путем параллельного подключения к резистору R1 дополнительного резистора близкого номинала. При этом напряжение на коллекторе транзистора должно уменьшиться.

1.5.2. Микросхемы

В радиоизмерительных приборах широко применяются как аналоговые, так и цифровые интегральные микросхемы. Их использование повышает надежность приборов, уменьшает число электрорадиоэлементов, а следовательно, упрощает их ремонт. Однако при эксплуатации РИП микросхемы достаточно часто выходят из строя.

Вывод о том, что микросхема неисправна, можно сделать лишь после проверки всех ЭРЭ, подключенных к ней. Вначале контролируют режим работы микросхемы по постоянному току. Заниженное напряжения на одном из выводов микросхемы может быть из-за наличия утечки подключенного к этой точке конденсатора, который при проверке можно отключить. После этого при помощи осциллографа контролируют правильность прохождения сигнала.

Для цифровых микросхем серии К155, К133 и ряда других напряжение питания составляет +5 В, напряжение низкого уровня (логический ноль) – не более +0,4 В, напряжение высокого уровня – (логическая единица) не менее +2,4 В (типовое значение +3,5 В).

Контроль работоспособности цифровой микросхемы можно показать на примере логического элемента 2И-НЕ (рис. 1.17).

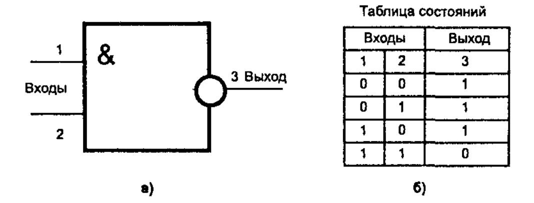


Таблица состояний

Входы		Выход
1	2	3
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Рис. 1.17. Логический элемент 2И-НЕ (а), таблица состояний элемента 2И-НЕ (б)

Как видно из таблицы состояний логического элемента 2И-НЕ, на выходе 3 логический ноль будет только в одном случае, когда на входах 1 и 2 имеются логические единицы. В любом другом случае, когда на обоих или на одном из входов 1 и 2 будет логический ноль, на выходе 3 будет присутствовать логическая единица. Исходя из этого, можно смоделировать режим работы микросхемы согласно таблице состояний. Отклонения в работе микросхемы от значений, приведенных в этой таблице, говорят о том, что она неисправна.

Работоспособность микросхемы можно проверить и в динамическом режиме, с помощью осциллографа, контролируя прохождение импульсов, сформированных и подведенных на ее входы. При работе элемента в динамическом режиме логическая единица на одном из ее входов является разрешением для прохождения на выход импульсов, подаваемых на второй вход. Логический ноль является запретом для них. Сформировать сигнал логического ноля на любом из входов микросхемы можно, соединив соответствующий вывод с общим проводом. Сформировать сигнал логической единицы можно путем отсоединения данного вывода микросхемы от остальной части схемы. Если отсоединить оба входа рассматриваемой микросхемы, то на них должно быть постоянное напряжение порядка +1,5 В.

При проверке микросхемы также необходимо убедиться, что ее выход не шунтируется последующим каскадом (входом другой микросхемы). Для этого обычно аккуратно перерезают печатную дорожку, а после проведения необходимых проверок аккуратно пропаивают, восстанавливая контакт.

Неисправности в цифровых микросхемах

Напряжение низкого логического уровня на выходе микросхемы, не зависящее от входных сигналов, может быть в двух случаях: либо короткое замыкание в монтаже, либо микросхема неисправна. При

коротком замыкании в монтаже напряжение на выходе микросхемы близко к нулю, тогда как при неисправности внутри микросхемы оно соответствует напряжению низкого логического уровня 50 – 300 мВ.

При коротком замыкании в монтаже на выходе микросхемы наблюдается характерный "звон", вызываемый резонансом паразитной индуктивности и емкости монтажа при переключении транзисторов выходного каскада. Амплитуда сигнала "звона" – от десятков до сотен милливольт.

Постоянное напряжение высокого логического уровня на выходе микросхемы, не зависящее от входных сигналов, обычно возникает при обрыве цепи общего провода (плохая пайка вывода или обрыв внутри микросхемы).

Пониженное напряжение высокого логического уровня на выходе микросхемы может вызываться несколькими причинами. Если логическая функция микросхемы сохранилось, то вероятно, что в микросхеме неисправны некоторые ЭРЭ. Если же логическая функция полностью нарушена, то вероятнее всего, что неисправностью является обрыв цепи питания или обрыв выходной цепи.

Обрывы могут произойти как внутри микросхемы, так и вне ее из-за плохой пайки вывода. Повышенное напряжение низкого логического уровня (до 1,7 В) обычно наблюдается при резком повышении тока нагрузки ТТЛ-схемы либо при обрывах во внутренней структуре микросхемы. Эта неисправность иногда вводит в заблуждение тем, что "исчезает" при отсоединении нагруженных ТТЛ-схем, так как для ее появления необходимо наличие тока, втекающего в микросхему со стороны выхода. Повышение низкого логического уровня до 1,1 В с сохранением логической функции микросхемы может быть при обрыве цепи общего провода (плохая пайка контакта или обрыв внутри микросхемы), если один из ее входов заземлен (постоянно или только при данной проверке) через выход другой микросхемы.

Нарушение логической функции при нормальных низких и высоких логических уровнях происходит при выходе микросхемы из строя либо при коротком замыкании выходов двух вентилей.

1.5.3. Тиристоры

В случае, если тиристор не подключен к схеме, сопротивление между любой парой его электродов (анодом, катодом, управляющим электродом) должно быть велико независимо от полярности омметра, за исключением сопротивления "управляющий электрод-катод", имеющего малую величину при положительном потенциале управляющего электрода.

Для контроля работоспособности тиристора можно рекомендовать схему, приведенную на рис. 1.18.

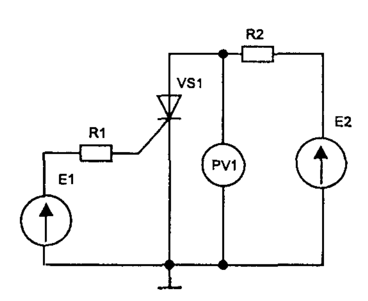


Рис. 1.18. Схема контроля работоспособности тиристора

Величина сопротивления R2 должна удовлетворять требованиям

$$I_{уд} < E2/R2 < I_{max},$$

где E2 – напряжение, меньшее напряжения переключения тиристора ($U_{пер}$), $I_{уд}$ – ток удержания при $E_{уэк}$ = 0 В, I_{max} – установленный прямой ток.

Контроль работоспособности тиристора производится в следующей последовательности:

1. Установить напряжение $E_{уэ}$ = 0 В до подключения источника E2.
2. Подключить источник E2 к тиристору.
3. Проконтролировать напряжение $U_{ак}$, величина которого должна быть близка к напряжению источника E2.
4. Плавно увеличивать величину напряжения $E_{уэ}$ и контролировать показания вольтметра PV1. Когда тиристор включится, вольтметр должен показать величину, близкую к нулю, т.е. $U_{ак} \cong 0$ В.

5. Плавно уменьшать напряжение Еуэ до нуля, напряжение между анодом и катодом тиристора останется неизменным, т.е. Uак ≅ 0 В.
6. Восстановить первоначальное значение напряжения источника питания Е2. Если Еуэ=0 В, то напряжение Uак должно быть высоким.
7. Для проверки напряжения переключения тиристора Uпер следует соединить управляющий электрод с катодом и плавно повышать напряжение источника Е2 до тех пор, пока напряжение Uак не станет низким. Величина напряжения источника Е2, при котором напряжение Uак становится низким, равно напряжению переключения тиристора Uпер.
8. Для проверки обратного напряжения Uобр следует изменить полярность источника Е2, установить величину сопротивления резистора R2 в 10 раз больше, чем ранее (для ограничения величины обратного тока) и повторить испытание тиристора.

1.5.4. Диоды

Диоды в радиоэлектронных устройствах используются для выпрямления (детектирования) напряжения, защиты транзисторов (микросхем) от перегрузок по входу, коммутаций напряжений, преобразования частоты. Работоспособность диода можно проверить при помощи омметра, соединив положительный щуп с анодом, а отрицательный – с катодом диода, что соответствует прямому включению. Сопротивление диода при этом мало (десятки Ом). При подключении диода в обратном направлении его сопротивление велико (сотни кОм).

Если проводить контроль работоспособности диода в составе модуля, когда через диод протекает электрический ток, то при измерении падения напряжения на нём можно получить следующий результаты: у работоспособных германиевых диодов между анодом и катодом вольтметр покажет напряжение, примерно равное U= (0,3 – 0,4) В, а для кремниевых U= (0,6 – 0,7) В.

Основными неисправностями в диодах являются короткие замыкания, обрывы и изменения параметров под напряжением.

Если диод короткозамкнут, то омметр покажет в прямом и обратном включениях низкое, близкое к нулю, сопротивление. При обрыве омметр в обоих направлениях покажет большое сопротивление (близкое к бесконечности).

1.5.5. Стабилитроны

Контроль работоспособности стабилитронов, смещенных в прямом направлении, осуществляется путем проверки величины его сопротивления таким же образом, как и у диодов. Для контроля работоспособности стабилитронов можно рекомендовать собрать схему, приведенную на рис. 1.19.

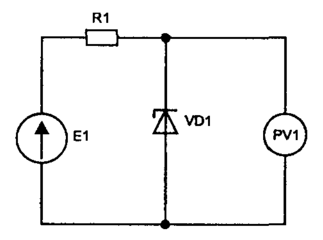


Рис 1 19 Схема для контроля работоспособности стабилитронов

<u>Пример</u>. Проверить работоспособность кремниевого стабилитрона КС156А, если Е1=24 В

1. Рассчитаем величину ограничительного резистора R1.

По второму закону Кирхгофа:

$$E1=U_{R1}+U_{ст},$$

где Uст – напряжение стабилизации стабилитрона VD1, равное Uст ≅ 5,6 В.

Принимаем ток стабилизации равным Iст=3 мА, тогда

U_{R1}=24-5,6=18,4 В,

U_{R1}=Iст·R1=18,4 В,

откуда: R1=18,4 В/3 мА ≈ 6,1 кОм.

Выбираем R1=5,6 кОм, т.к. Iст.min.= 3мА.

При контроле стабилитронов без выпаивания их из модуля измеряется напряжение между его анодом и катодом, которое должно быть примерно равным Uст, например:

КС133А	Uст≅3,3 В
КС175Ж	Uст≅7,5 В
КС191Ж	Uст≅9,1 В и т.д.

Если напряжение Uак≅0, то стабилитрон короткозамкнут, если же это напряжение будет значительно больше, чем напряжение стабилизации, то вероятнее всего в стабилитроне имеется обрыв.

1.5.6. Резисторы

Резисторы являются самыми многочисленными электрорадиоэлементами в схемах РИП. Проверить величину сопротивления резисторов можно с помощью омметра. Основными неисправностями у постоянных резисторов являются увеличение номинала сопротивления. Это чаще всего наблюдается у высокоомных (сотни кОм и более) или у низкоомных (единицы Ом) резисторов.

Обрыв в постоянных резисторах чаще всего выявляется при визуальном осмотре (нарушение окраски, черная поперечная окраска и т.п.).

Основными неисправностями переменных резисторов являются периодические обрывы в них из-за плохого контакта ползунка с резистивным слоем или из-за износа резистивного слоя, на что указывают неплавный (с рывками) ход стрелки омметра при передвижении ползунка резистора.

Типичной неисправностью переменного резистора является также замыкание на корпус, когда резистор установлен на заземленном шасси или на металлизированной части печатной платы, соединенной с корпусом.

1.5.7. Конденсаторы

Конденсаторы, как и резисторы, являются массовыми пассивными ЭРЭ в схемах РИП. На долю конденсаторов приходится значительное число неисправностей, причем их нахождение бывает достаточно сложным. Основными неисправностями конденсаторов постоянной емкости являются пробой (обрыв) и снижение величины емкости.

У электролитических конденсаторов значительное снижение сопротивления утечки приводит к нарушению режима работы транзисторов и микросхем. Сложность обнаружения снижения сопротивления утечки в конденсаторах состоит в том, что оно может проявляться под напряжением при работающем приборе.

Снижение емкости конденсаторов в сглаживающих фильтрах приводит к увеличению пульсации выпрямленного напряжения, что недопустимо при эксплуатации РИП.

Изменение емкости конденсаторов в контурах неизбежно приводит к изменению АЧХ, а иногда и к самовозбуждению каскадов. Особенно это сказывается на работе широкополосных осциллографов, где жертвовать полосой пропускания невозможно.

Обрывы в разделительных конденсаторах вообще приводят к потере электрического сигнала. Обрывы в конденсаторах постоянной емкости можно определить с помощью осциллографа. Если сигнальный и заземляющий щуп осциллографа соединить через работоспособный конденсатор, наводка должна уменьшиться, либо вообще исчезнуть. Обрывы в конденсаторах можно также определить, если подключить генератор к осциллографу через проверяемый конденсатор. Отсутствие электрического сигнала на экране ЭЛТ указывает на то, что в конденсаторе имеется обрыв.

Электролитические конденсаторы на отсутствие обрыва можно проверить следующим способом: соблюдая полярность омметра, подключить его к проверяемому конденсатору. В первый момент стрелка должна быстро отклониться вправо (в сторону малых сопротивлений), а затем медленно возвратиться влево (в сторону больших сопротивлений). Обрыв в конденсаторе можно определить также, если подключить исправный конденсатор к источнику постоянного напряжения. При этом должен раздаться характерный щелчок, а у его выводов проскочить небольшая искра.

Дополнительными признаками неисправности электролитических конденсаторов является вздутие корпуса, вытекание электролита, нагрев при работе и т.п.

1.5.8. Трансформаторы и дроссели

Основными неисправностями в трансформаторах и дросселях являются обрывы обмоток, межвитковые замыкания, замыкания одной обмотки на другую, замыкание обмоток на корпус и т.д.

Проверка на обрыв производится простым способом при помощи омметра. В работающем РИП обрывы обмоток в трансформаторах или межвитковые замыкания в них приводят к тому, что напряжение на выводах трансформаторов либо вообще отсутствует, либо сильно занижено.

Наличие короткозамкнутого витка с помощью омметра определить невозможно. Определить короткозамкнутый виток в трансформаторе можно, собрав простую схему, приведенную на рис. 1.20.

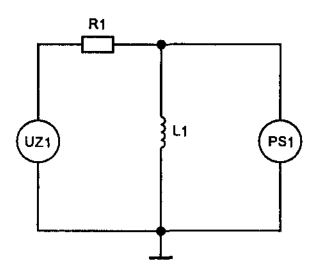


Рис. 1.20. Схема для определения короткозамкнутого витка в трансформаторе

На выходе генератора синусоидальных колебаний UZ1 устанавливают частоту, равную 1 кГц, и подают сигнал через резистор R1 на проверяемую обмотку L1. Напряжение на обмотке контролируется осциллографом PS1. Появление дифференцированных импульсов на обмотке L1 указывает на наличие в ней короткозамкнутого витка.

Кроме этого следует помнить, что существование в обмотке короткозамкнутого витка, как правило, приводит к нагреванию трансформатора.

1.6. Пайка электрорадиоэлементов

При проведении ремонта РЭУ необходимо правильно осуществлять пайку электрорадиоэлементов. Пайка это процесс сварки двух металлов вместе. При этом металлы расплавляются и объединяется, создавая прочное электрическое и механическое соединение.

В процессе пайки существенными параметрами являются ее продолжительность и температура. Типичная операция пайки может быть выполнена примерно за 1 – 1,5 с при условии, что выбран правильный тип паяльника и жала. Оптимальная температура плавления припоя составляет 182°C. Объединение металлов припоя и соединяемых проводников происходит при температурах между 260°C и 315°C.

Основное действие пайки заключается в объединении меди и олова. При этом необходимо учитывать, что оба эти металла легко окисляются. Плохое или непропаянное соединение получается, если соединяемые поверхности загрязнены, поэтому необходимо производить пайку хорошим очищенным флюсом. Флюс подготавливает спаиваемые поверхности для лучшей металлизации. Сначала обрабатывают флюсом припой, а затем поверхность пайки, удаляя окислы и другие загрязнения. В результате металл нагревается так, что припой расплавляется, растекается, давая хорошее поверхностное соединение.

Необходимо отметить, что если температура жала слишком мала, то оно будет застревать на поверхности пайки. Если температура жала очень высокая, то оно может повредить поверхность платы. Оптимальная температура для пайки на плате находится в пределах 260°С – 315°С.

При пайке наконечник паяльника необходимо держать с одной стороны вывода ЭРЭ, а припой – с другой стороны. Как только контактная площадка прогреется, оловянно-свинцовый припой расплавится и зальет контактную площадку вместе с выводом ЭРЭ. Припой при этом необходимо держать низко и достаточно ровно.

После завершения пайки необходимо внимательно осмотреть контактную площадку, так как могло быть положено много припоя на соединение, или его оказалось недостаточно сверху или снизу. Большие шары припоя, или холмы, могут содержать "холодную" пайку, где создан только частичный контакт. Подобная пайка может стать источником мерцающих неисправностей.

Перед проведением пайки ЭРЭ на плату необходимо убедиться что они работоспособны, затем очистить их от окислов и грязи. В случае если при пайке прервана или отклеилась от платы печатная дорожка, необходимо перемкнуть поврежденный участок залуженным с обеих сторон проводом диаметром 0,2 – 0,3 мм. Если контактная площадка или дорожка поднимаются над платой, то необходимо их приклеить или провести внахлест дорожку по поврежденной области, после чего соскоблить покрытие с контакта или с обеих сторон дорожки так, чтобы новый контакт или дорожка смогли хорошо припаяться к имеющимся контакту или дорожке. После этого следует удалить весь лишний припой и просверлить заново каждое отверстие, которое покрылось или забилось остатками припоя.

Определенные проблемы часто возникают при удалении остатков припоя и выпаивании электрорадиоэлементов из печатной платы. Один из способов удаления остатков припоя заключается в использовании ручного вакуумного насоса с подпружиненным поршнем для вытягивания горячего расплавленного припоя с контактов платы модуля. Этот процесс состоит из следующих операций:

1. Нагреть при помощи паяльника старый припой до его расплавления.
2. Поместить вакуумный насос со сжатой пружиной в горячий припой.
3. Быстро удалить паяльник, в это же время освободить пружину вакуумного насоса и откачать припой в накопительную его камеру.

Данный метод хорошо действует при выпаивании биполярных транзисторов или микросхем, не имеющих в своей структуре КМОП транзисторов. Так как вакуумные насосы вырабатывают статическое электричество, выпаивать КМОП транзисторы (микросхемы) опасно, потому что можно вывести их из строя.

Более безопасный способ удаления припоя заключается в следующем:

1. Приложить к припою конец медной оплетки, затем прогреть оплетку в месте, близком к припою.
2. Медная оплетка быстро прогреется, передавая тепло припою, который расплавится и будет впитываться в оплетку за счет капиллярного эффекта.
3. После этого необходимо отрезать и выбросить кусок оплетки, пропитанный припоем.

Если в отверстии платы осталось какое-то количество припоя, необходимо нагреть стальную иголку, имеющую диаметр несколько меньший, чем отверстие платы. Игла оставит отверстие открытым так, что можно вставить и запаять другой проводник.

При использовании этого метода удаления припоя необходимо убедиться в хорошем заземлении паяльника. В некоторых случаях удалить остатки припоя можно путем сверления отверстия тонким сверлом. После сверления отверстия необходимо убедиться, что все стружки, остатки и кусочки припоя из платы удалены. При выпаивании ЭРЭ из платы модуля необходимо быть осторожным, чтобы ее не перегреть, так как при перегреве платы могут отслоиться печатные проводники (дорожки).

При ремонте РИП важную роль играет и инструмент, с помощью которого производится ремонт. Прежде всего необходимо иметь несколько различных по мощности паяльников с различными жалами в зависимости от того, какие пайки с их помощью производят. Кроме того, необходимо иметь различные отвертки от крестообразных до плоских самых разных размеров, вплоть до набора часовых отверток. Необходимо иметь несколько различных размеров пинцетов, кусачек, бокорезов, плоскогубцев и других приспособлений.

2. Вольтметр универсальный цифровой В7-38

Вольтметр универсальный цифровой В7-38 предназначен для измерения напряжений постоянного и переменного тока, а также силы тока и сопротивления. Питание прибора осуществляется от сети напряжением 220 В. Прибор проградуирован в среднеквадратических значениях, но при измерении переменного тока оценивает средневыпрямленные величины.

Выбор пределов измерения напряжения и сопротивления, индикация полярности осуществляются автоматически.

Измерение силы тока производится с помощью калиброванного выносного шунта-преобразователя "ток-напряжение". Выбор пределов в этом случае осуществляется вручную.

Для отображения результатов измерений используется пятидекадный индикатор на семисегментных лампах.

2.1. Технические данные

Диапазоны измеряемых величин:

напряжение постоянного тока	10^{-5} – 10^{3} В
напряжение переменного тока (частотой 30 Гц – 20 кГц)	10^{-5} – 300 В
напряжение переменного тока (частотой 20 кГц – 100 кГц)	10^{-5} – 200 В
сопротивление постоянному току	10^{-5} – $2\cdot10^{4}$ кОм
сила постоянного тока	10^{-5} – $2\cdot10^{3}$ мА
сила переменного тока (частотой 30 Гц – 20 кГц)	10^{-5} – $2\cdot10^{3}$ мА

Пределы измерения:

напряжение постоянного тока	0,2; 2; 20; 200; 1000 В
напряжение переменного тока (частотой 30 Гц – 20 кГц)	0,2; 2; 20; 200; 300 В
напряжение переменного тока (частотой 20 кГц – 100 кГц)	0,2; 2; 20; 200 В
сопротивление постоянному току	0,2; 2; 20; 200; 2000; $2\cdot10^{4}$ кОм
сила постоянного тока	0,2; 2; 20; 200; 2000 мА
сила переменного тока (частотой 30 Гц – 20 кГц)	0,2; 2; 20; 200; 2000 мА

Пределы допускаемой основной погрешности измерений:

напряжение постоянного тока	
на пределах 0,2; 2	$\pm(0{,}04+0{,}02\cdot U_п/U_x)$ %
на пределах 20; 200; 100	$\pm(0{,}07+0{,}02\cdot U_п/U_x)$ %
напряжение переменного тока (частотой 30 Гц – 40 Гц)	$\pm(1{,}5+0{,}1\cdot U_п/U_x)$ %
напряжение переменного тока	(частотой 40 Гц – 60 Гц)
на пределах 0,2; 2; 20; 200 при $К_г$=0,5 %	$\pm(0{,}4+0{,}05\cdot U_п/U_x)$ %
на пределе 300 при $К_г$=0,8 %	$\pm(0{,}5+0{,}4\cdot U_п/U_x)$ %
напряжение переменного тока (частотой 60 Гц – 10 кГц)	
на пределах 0,2; 2; 20; 200 при $К_г$=0,2 %	$\pm(0{,}2+0{,}05\cdot U_п/U_x)$ %
на пределе 300 при $К_г$=0,5 %	$\pm(0{,}2+0{,}4\cdot U_п/U_x)$ %
напряжение переменного тока (частотой 10 кГц – 20 кГц)	
на пределе 300 при $К_г$=0,5 %	$\pm(0{,}5+0{,}6\cdot U_п/U_x)$ %
напряжение переменного тока (частотой 10 кГц – 100 кГц)	
на пределах 0,2; 2 при $К_г$=0,5 %	$\pm(0{,}2+0{,}1\cdot U_п/U_x)$ %
на пределах 20; 200 при $К_г$=0,5 %	$\pm(0{,}5+0{,}1\cdot U_п/U_x)$ %
сопротивление постоянному току	
на пределе 0,2	$\pm(0{,}07+0{,}1\cdot R_п/R_x)$ %
на пределах 2; 20; 200	$\pm(0{,}07+0{,}02\cdot R_п/R_x)$ %
на пределе 2000	$\pm(0{,}15+0{,}02\cdot R_п/R_x)$ %
на пределе $2\cdot10^{4}$	$\pm(0{,}5+0{,}1\cdot R_п/R_x)$ %

сила постоянного тока

на пределах 0,2; 2; 20; 200, 2000 — $\pm(0{,}25+0{,}02\cdot I_п/I_x)$ %

сила переменного тока (частотой 30 Гц – 40 Гц)

на пределах 0,2; 2; 20; 200; 2000 при $К_г$=0,5 % — $\pm(0{,}07+0{,}1\cdot I_п/I_x)$ %

сила переменного тока (частотой 40 Гц – 20 кГц)

на пределах 0,2; 2; 20; 200; 2000 при $К_г$=0,5 % — $\pm(0{,}5+0{,}05\cdot I_п/I_x)$ %

Здесь $U_п$, $R_п$, $I_п$ – значение предела измерения напряжения, сопротивления или силы тока;
U_x, R_x, I_x – показание прибора при измерении напряжения, сопротивления или силы тока;
$К_г$ – коэффициент гармоник.

Предел допускаемой дополнительной погрешности измерений при изменении температуры окружающей среды от нормального значения (+20° С) до предельных значений не превышает предела допускаемой основной погрешности на каждые 10° С отклонения.

Входное активное сопротивление прибора:

при измерении напряжения постоянного тока	10±0,5 МОм
при измерении напряжения переменного тока	1±0,05 МОм
Входная емкость	100 пФ
Время измерения:	
при измерении напряжения и силы постоянного тока	1 с
при измерении напряжения и силы переменного тока	3 с
при измерении сопротивления постоянному току	
на пределах (0,2; 2; 20; 200) кОм	1 с
на пределе 2000 кОм	3 с
на пределе $2\cdot10^4$ кОм	15 с
Допустимая перегрузка по входу напряжением (в течение 1 мин):	
при измерении постоянного напряжения	1100 В (постоянное)
	350 В (переменное)
при измерении переменного напряжения	600 В (постоянное)
	350 В (переменное)
при измерении сопротивления	100 В (постоянное)
	100 В (переменное)
Допустимая перегрузка по входу силой тока (в течение 1 мин):	
по входу шунта “0,2 мА”	10 мА
по входу шунта “2 мА”	30 мА
по входу шунта “20 мА”	100 мА
по входу шунта “200 мА”	500 мА
по входу шунта “2000 мА”	3000 мА
Сопротивление изоляцин	не менее 20 МОм
Время установления рабочего режима	15 мин
Параметры источника питания:	
напряжение сети	220±22В (50±0,5 Гц)
потребляемая мощность	10 ВА
Условия эксплуатации:	
температура окружающей среды	-10° С – +40° С
относительная влажность воздуха при температуре воздуха +25° С	до 80 %
атмосферное давление	750±30 мм рт. ст.

2.2. Структурная схема

Структурная схема универсального цифрового вольтметра В7-38 приведена на рис. 2.1. Принцип работы прибора основан на преобразовании любой измеряемой величины в нормированное постоянное напряжение и последующем преобразовании этого напряжения в пропорциональный ему временной интервал, величина которого оценивается и индицируется цифровым способом.

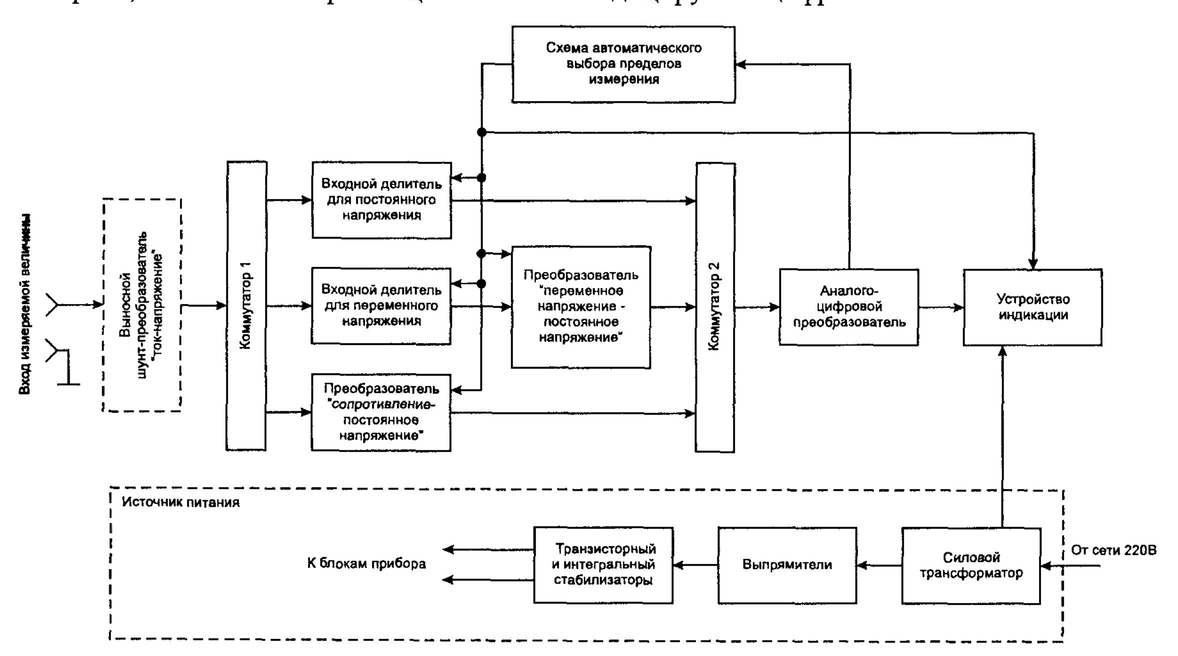


Рис. 2.1. Структурная схема универсального цифрового вольтметра В7-38

Схема содержит два механических коммутатора измеряемых величин, входные делители постоянного и переменного напряжений, преобразователи типов "переменное напряжение – постоянное напряжение" и "сопротивление – постоянное напряжение", аналого-цифровой преобразователь (АЦП), устройство индикации, схему автоматического выбора пределов измерения (АВП) и выносной шунт-преобразователь "ток–напряжение". Источник питания обеспечивает необходимые напряжения для питания блоков прибора.

Входом вольтметра при измерениях напряжения и сопротивления являются две клеммы, выведенные на лицевую панель. При измерениях силы тока (постоянного или переменного) используется **выносной многопредельный шунт**, представляющий собой калиброванный резисторный делитель. Он осуществляет преобразование силы тока, протекающего в цепи, в эквивалентное падение напряжения, которое подводится к указанным выше входным клеммам прибора и далее оценивается как напряжение (постоянное или переменное).

Коммутатор 1 служит для подключения входных клемм к входам того или иного тракта измерения: постоянного напряжения, переменного напряжения или сопротивления, в зависимости от выбранного режима работы. Он является механическим и выведен на лицевую панель прибора.

Входные делители постоянного и переменного напряжений осуществляют пропорциональное уменьшение измеряемой величины с тем, чтобы привести ее значение к заданному диапазону, в котором работают последующие цепи. Эти делители представляют собой наборы калиброванных резисторов, коммутируемые электронным способом при изменении пределов измерения.

Преобразователь "переменное напряжение – постоянное напряжение" осуществляет простое выпрямление и последующую фильтрацию переменного напряжения. Он формирует на выходе средневыпрямленное значение измеряемой величины, которое для удобства последующего отсчета пересчитывается в эффективное значение.

Преобразователь "сопротивление – постоянное напряжение" позволяет перевести величину измеряемого сопротивления в эквивалентную ему величину постоянного напряжения, которое затем

может быть измерено обычным способом. Принцип его работы основан на пропускании стабильного тока известной величины через измеряемое сопротивление.

Коммутатор 2 в зависимости от выбранного режима измерения подключает выход одного из описанных трактов к входу аналого-цифрового преобразователя. Эта процедура выполняется с использование электронных ключей.

Аналого-цифровой преобразователь осуществляет перевод величины постоянного напряжения в соответствующий ей цифровой код. Он работает по принципу двойного интегрирования, его работа синхронизирована с напряжением питающей сети. Это обеспечивает хорошую точность преобразования и позволяет устранить влияние сетевых наводок на результаты измерений. Процесс преобразования проводится в два этапа: на первом этапе в помощью эталонных RC-элементов осуществляется перевод величины напряжения во временной интервал соответствующей длительности, а на втором этапе длительность полученного интервала переводится в цифровой код методом заполнения его счетными импульсами известной стабильной частоты.

Устройство индикации включает в себя дешифраторы и шесть семисегментных ламп, осуществляющих отображение пяти десятичных цифр, запятой и знака измеряемой величины. Дешифраторы выполняют преобразование цифрового кода, получаемого на выходах АЦП в момент окончания процесса счета, в позицию зажигаемого сегмента.

Схема автоматического выбора пределов измерения позволяет значительно упростить процесс измерений. Это происходит за счет того, что в зависимости от значения измеряемой величины переключение коэффициентов передачи входных делителей, изменение масштаба АЦП, масштабов преобразователей “переменное напряжение – постоянное напряжение” и “сопротивление – постоянное напряжение” осуществляется без участия оператора по сигналам, вырабатываемым внутренними блоками прибора. Следует заметить, что данная схема не работает при измерении силы постоянного и переменного тока, когда ко входу вольтметра подключается выносной шунт. В этом случае вольтметр должен находиться на пределе “0,2 В”, а выбор пределов измерения производится оператором вручную путем переключения клемм шунта.

Источник питания цифрового вольтметра реализован по обычной схеме с понижающим силовым трансформатором, двухполупериодными диодными выпрямителями и стабилизаторами напряжений. Он формирует постоянные напряжения ±12 В, -6 В и +2 В для питания блоков прибора, а также переменное напряжение 0,85 В для цепей накала индикаторных ламп и схемы синхронизации аналого-цифрового преобразователя.

2.3. Принципиальная схема

Принципиальная схема универсального цифрового вольтметра В7-38 приведена на рис. 2.2. Она выполнена на биполярных и полевых транзисторах, аналоговых и цифровых микросхемах. При анализе работы схемы следует иметь в виду, что операционные усилители КР544УД1Б, К553УД1В, КР140УД5Б питаются от источника ±12 В, а цифровые микросхемы серий К176 и К564 имеют на общем выводе потенциал -12 В, а на выводе питания – потенциал +2 В.

2.3.1. Входные делители и преобразователи

Измерительным входом прибора являются клеммы X1 и X2, причем клемма X2 соединена с общим проводом схемы, а клемма X1 – с контактами входного коммутатора В1. Этот коммутатор имеет три секции (В1-1 – “U–”, В1-2 – “U~”, В1-3 – “kΩ”), которые позволяют подключить измеряемую величину, соответственно, к трем измерительным трактам. Секции являются зависимыми, то есть при включении одной из них две другие выключаются.

Рассмотрим пути прохождения сигналов при измерениях постоянного, переменного напряжения и сопротивления.

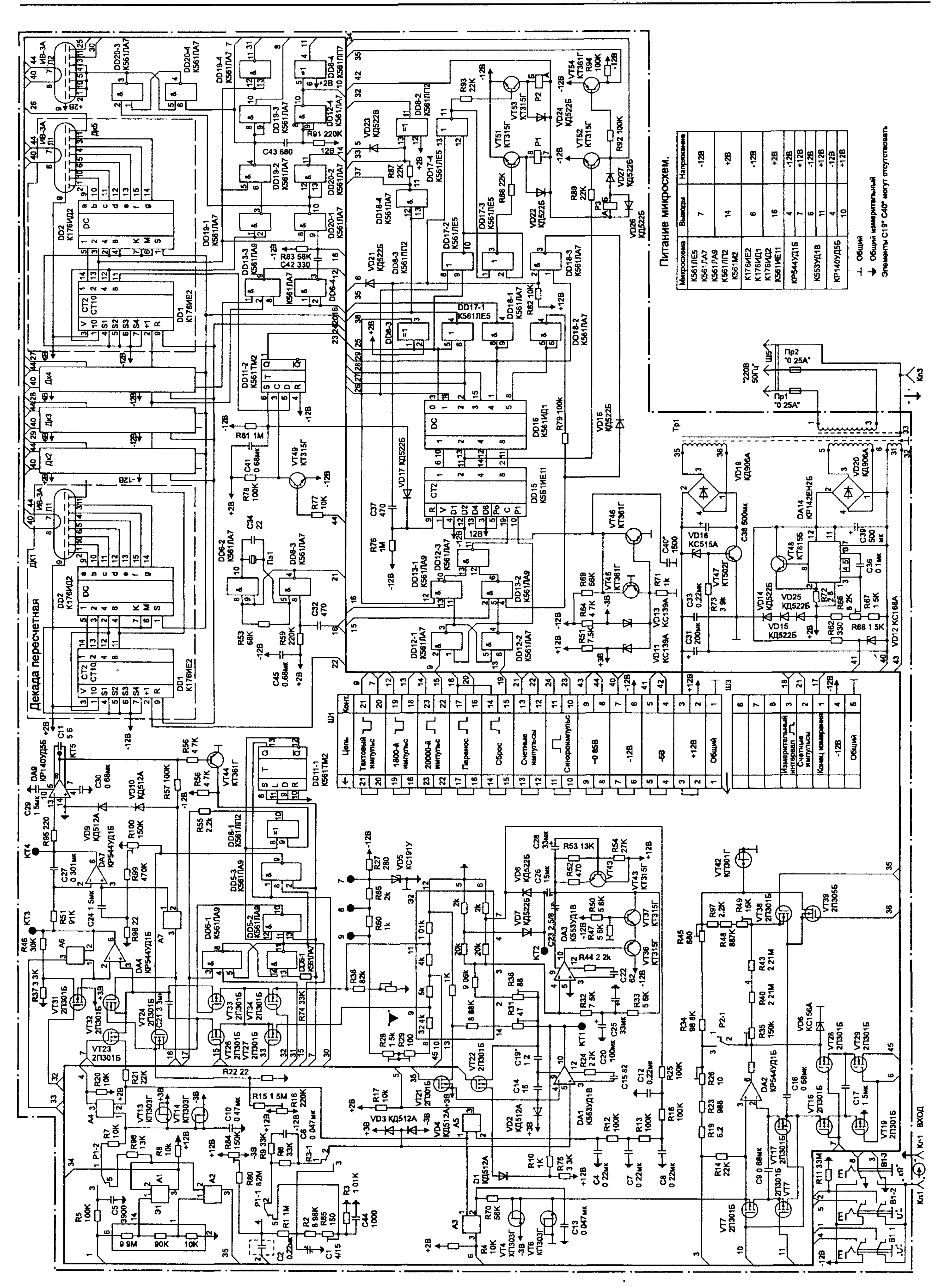


Рис. 2.2. Принципиальная схема универсального цифрового вольтметра В7-38

При **измерении постоянного напряжения** замыкается первая группа контактов переключателя В1-1, и измеряемое напряжение подводится к входному делителю Э1, реализованному на сборке К308НР6, и резистору R5. В составе сборки имеются три калиброванных резистора, которые могут коммутироваться с помощью электронных ключей А1 и А2. Принципиальная схема этих ключей и аналогичных схемных элементов приведена на рис. 2.3.

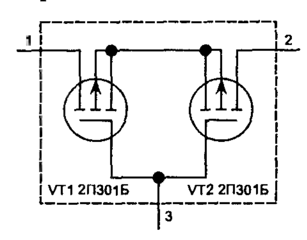


Рис. 2.3. Принципиальная схема электронного ключа

Она реализована на двух полевых транзисторах 2П301В с индуцированным р-каналом обогащенного типа. При поступлении на их затворы (вывод 3) отрицательного потенциала -12 В транзисторы отпираются, в результате чего сопротивления переходов "сток–исток" уменьшаются, и ключи переходят в замкнутое состояние (между выводами 1 и 2). Если же потенциал -12 В отключается, то на затворах устанавливается положительный потенциал, подводимый через соответствующие резисторы смещения. Это обеспечивает надежное запирание полевых транзисторов и размыкание электронных ключей.

Управление ключами А1 и А2 осуществляется схемой автоматического выбора пределов измерения, основными элементами которой являются микросхемы DD8, DD15 – DD18. Описание ее работы приводится ниже. Исполнительными элементами этой схемы, обеспечивающими переключение коэффициента передачи входного делителя при измерении постоянного напряжения, служат транзисторы VT51, VT52, VT54 и реле Р1. При замыкании контактов 1-3 группы Р1-2 измеряемое напряжение поступает через резисторы R5, R7 на вывод 1 электронного ключа А4. Это происходит на пределах "0,2 В" и "2 В". Дополнительную фильтрацию помех обеспечивают конденсаторы С5, С10. Если же замкнуты контакты 1-5 группы Р1-2, то коэффициент передачи резисторного делителя Э1 определяется состоянием ключей А1, А2. Работа этих ключей зависит от величин напряжений на коллекторах транзисторов VT52 и VT54, коммутирующих напряжения -12 В и +12 В. При наличии на выводе 11 микросхемы DD15 высокого уровня напряжения (относительно провода -12 В!) открывается транзистор VT52, и на его коллекторе и на выводе 3 ключа А1 устанавливается потенциал -12 В, который замыкает ключ. Одновременно отрицательный потенциал, возникающий на базе VT54, открывает его и разрешает подачу напряжения +12 В на вывод 3 ключа А2, размыкая его. Коэффициент передачи делителя в этом случае определяется отношением сопротивлений резисторов сборки Э1:

(10+90) кОм/(9,9 МОм + 10 кОм + 90 кОм) = 0,01.

Такая ситуация возникает при работе на пределах "20 В" и "200 В".

При низком уровне напряжения на выводе 11 микросхемы DD15 транзистор VT52 закрывается, и потенциал на его коллекторе и на выводе 3 ключа А1 повышается до +12 В, что приводит к размыканию ключа. Этот же потенциал, воздействующий на базу VT54, закрывает его, и на коллекторе этого транзистора устанавливается напряжение -12 В. В результате ключ А2 замыкается. Коэффициент передачи входного делителя в этом случае определяется другим отношением сопротивлений резисторов сборки Э1:

10 кОм/(9,9 МОм + 10 кОм + 90 кОм) = 0,001.

Такая ситуация возникает при работе на пределе "1000 В".

Далее пропорционально уменьшенное измеряемое напряжение подается через резистор R96, контакты 5-1 группы Р1-2 и резистор R7 на вывод 1 электронного ключа А4.

Величина напряжения на этом выводе постоянно контролируется цепями: VT13 – VD11 – R61 (для положительного напряжения) и VT14 – VD13 – R64 (для отрицательного напряжения), которые связаны через транзисторы VT45, VT46 со схемой автоматического выбора пределов. Это необходимо для того, чтобы при скачке входного напряжения более 100 В сразу происходило переключение на предел "20 В", минуя предыдущие пределы.

При включенной секции В1-1 входного коммутатора через замкнутую вторую группу контактов постоянное напряжение -12 В поступает на вывод 3 электронного ключа А4 и замыкает его. Следовательно, измеряемое напряжение подводится через резистор R21 к истоку транзистора VT23, входящего в состав аналого-цифрового преобразователя.

При **измерении переменного напряжения** замыкается первая группа контактов переключателя В1-2, и измеряемое напряжение через конденсатор С2 подводится к входному делителю, выполненному на резисторах R1 – R3, R85. Параллельно входу установлен дополнительный резистор R11 номиналом 33 МОм. Конденсаторы С1, С44 необходимы для коррекции частотной характеристики входной цепи. Резисторы делителя являются калиброванными. Они могут коммутироваться с помощью контактных групп Р1-1 и Р3-1 реле Р1 и Р3 по сигналам схемы автоматического выбора пределов. Работой указанных реле управляют транзисторы VT51, VT52. Цепь R80, R84 позволяет регулировать величину постоянной составляющей напряжения. Это необходимо для обеспечения правильного режима работы последующих операционных усилителей.

При замыкании контактов 4-2 группы Р1-1 и контактов 1-2 группы Р3-1 измеряемое напряжение поступает через цепочку R6, R9, С6 на вывод 5 дифференциального усилителя DA1 К553УД1В. Это происходит на пределах “0,2 В” и “2 В”. Диоды VD3, VD4 предотвращают перегрузку этого усилителя, ограничивая максимально возможную амплитуду измеряемого сигнала на уровне ±3 В. Если же замкнуты контакты 2-3 группы Р3-1 (при высоком уровне напряжения на выводе 11 микросхемы DD15), то независимо от состояния группы Р1-1 коэффициент передачи входного резисторного делителя определяется следующим образом:

(R2 + R3 + R85)/(R1 + R2 + R3 + R85) =

(8,98 кОм + 1,01 кОм + R85)/(1 МОм + 8,98 кОм + 1,01 кОм + R85).

Как видно, получаемое значение зависит от сопротивления подстроечного резистора R85, с помощью которого можно скорректировать коэффициент передачи при точной регулировке. Если R85 = 110 Ом, то коэффициент равен 0,01. Такая ситуация возникает при работе на пределах “20 В” и “200 В”.

При низком уровне напряжения на выводе 11 микросхемы DD15 и высоком уровне на ее выводе 6 транзисторы VT51, VT52 закрываются, и замыкаются контакты 6-2 группы Р1-1 и 1-2 группы Р3-1. Коэффициент передачи входного делителя в этом случае определяется другим отношением сопротивлений резисторов:

R3/(R1 + R2 + R3 + R85) = 1,01 кОм/(1 МОм + 8,98 кОм + 1,01 кОм + R85) = 0,001.

Такая ситуация возникает при работе на пределе “300 В”.

Следующим каскадом является преобразователь “переменное напряжение – постоянное напряжение”, состоящий из масштабного усилителя и однополупериодного выпрямителя с фильтром нижних частот. Первый узел выполнен на операционном усилителе DA1 К553УД1В и имеет коэффициент передачи 1 или 10, определяемый параметрами цепи отрицательной обратной связи (ООС), включенной между выводами 10 и 4. Элементы R24, С14, С15, С19 служат для коррекции АЧХ усилителя. Коммутация коэффициента передачи осуществляется ключевыми транзисторами VT21, VT22, которые управляются со схемы автоматического выбора пределов. Так, на пределах “0,2 В” и “20 В” на выводе 4 элемента DD17-1 присутствует низкий уровень напряжения, а на выводе 11 элемента DD18-4 – высокий уровень. Это вызывает замыкание ключа VT21 и размыкание ключа VT22, следовательно коэффициент передачи масштабного усилителя равен 10. Точная установка его величины возможна подстроечным резистором R31.

На пределах “2 В”, “200 В”, “300 В” на выводе 11 элемента DD18-4 присутствует высокий уровень напряжения. В результате ключ VT22 замыкается и масштабный усилитель работает как повторитель напряжения (коэффициент передачи равен 1).

Элементы VD1, VD2, R6, R9, R10, R75, С6 выполняют защитные функции.

Однополупериодный выпрямитель собран на операционном усилителе DA3 К553УД1В с параллельной отрицательной обратной связью через диоды VD7, VD8 и резисторы сборки Э2 ДН-104-1. На его вход (вывод 4) переменное напряжение подается через подстроечный резистор R36 и выводы 2-3 сборки, что позволяет осуществлять дополнительную коррекцию коэффициента передачи. При выпрямлении используется положительная полуволна напряжения. Транзисторы VT36, VT38, VT43

с окружающими их резисторами определяют вид амплитудной характеристики выпрямителя, а глубокая ООС по постоянному току, образованная элементами R32, R33, C20, C25, позволяет расширить его динамический диапазон. Элементы R44, C22, C23 служат для коррекции АЧХ операционного усилителя DA3.

После выпрямителя включен четырехзвенный фильтр нижних частот R12, R13. R18, R25, C4, C7, C8, C12. Он служит для устранения пульсаций напряжения. Частота среза фильтра около 7 Гц, затухание на этой частоте равно 21 дБ.

Далее постоянное напряжение, величина которого пропорциональна эффективному значению измеряемого переменного напряжения, подается на вывод 2 электронного ключа А5. При включенной секции B1-2 входного коммутатора через замкнутую вторую группу контактов постоянное напряжение -12 В поступает на вывод 3 электронного ключа А5 и замыкает его. Следовательно, измеряемое напряжение подводится через резистор R21 к истоку транзистора VT23, входящего в состав аналого-цифрового преобразователя.

При **измерении сопротивления постоянному току** замыкается первая группа контактов переключателя B1-3, и измеряемое сопротивление одним выводом подключается к точке соединения резисторов R14, R19, а другим выводом – к общему проводу схемы. На микросхеме DA2 КР544УД1Б собран стабилизатор тока, который и пропускается через цепь с измеряемым сопротивлением. Величина этого тока определяется напряжением опорного источника, роль которого выполняет цепь R27, D5, R60, R65, R28, R29 и резисторы сборки Э2 (выводы 8, 10). Кроме этого, величина тока зависит от используемого набора эталонных резисторов R19, R23, R26, R34, R45, R97, R48, R49, R40 – R43, R35 в цепи положительной обратной связи (ПОС) операционного усилителя DA2. На разных пределах измерения сопротивления сила тока неодинакова, что достигается переключением резисторов с помощью электронных ключей VT38, VT39 и группы контактов Р2-1 реле Р2. Управления указанными коммутаторами осуществляется, как и в предыдущих случаях, от схемы АВП. Использование подстроечных резисторов R26, R45, R49, R35 дает возможность корректировать точность измерений на разных пределах независимо друг от друга.

На пределах измерения “0,2 кОм” и “2 кОм” по сигналу с вывода 11 микросхемы DD17-4 переключается транзистор VT53 и замыкаются контакты 2-3 реле Р2. В результате в цепи ПОС остаются только резисторы R19, R23, R26 и ток через измеряемое сопротивление равен 1 мА.

На пределах “20 кОм”, “200 кОм” эти контакты реле разомкнуты, но под управлением высокого уровня напряжения с вывода 11 микросхемы DD15 открываются транзисторы VT52, VT54, и на коллекторе последнего, а также на затворе транзистора VT39 устанавливается высокий потенциал. В результате этот транзистор открывается и шунтирует резисторы R97, R48, R49. Ток через измеряемое сопротивление равен 0,01 мА.

На пределе “2000 кОм” разомкнуты контакты реле, закрыт транзистор VT39, но под управлением низкого уровня напряжения с вывода 10 микросхемы DD18-1 открывается транзистор VT38 и шунтирует резисторы R35, R40 – R43. Ток через измеряемое сопротивление равен 0,001 мА.

На пределе “$2 \cdot 10^4$ кОм” разомкнуты контакты реле и закрыты транзисторы VT38, VT39. В результате в цепь ПОС включаются все вышеперечисленные резисторы, и ток через измеряемое сопротивление равен 0,0001 мА.

Поясним работу источника опорного напряжения для описываемого стабилизатора тока. Цикл работы прибора, занимающий 410 – 430 мс, как будет показано ниже, делится на два этапа (рис. 2.4). Формирование временных соотношений и тактовых импульсов осуществляют кварцевый генератор на элементах DD6-2, DD6-3, счетчики DD1 в пересчетных декадах ДК1 – ДК5 и логические элементы DD19, DD12-4, DD8-4.

В течение этапа, когда на выводе 10 микросхемы DD19-3 (эпюра 2) имеется низкий уровень напряжения, открыты ключевые транзисторы VT19, VT29, и конденсатор C17 заряжается напряжением опорного источника. Ключи VT18, VT28 в это время закрыты высоким уровнем напряжения с вывода 4 микросхемы DD19-2 (эпюра 1). В течение следующего этапа длительностью 100 мс, когда происходит измерение сопротивления, указанные напряжения меняются местами, ключи также изменяют свое состояние, и конденсатор C17 заряжает конденсатор C16. Последний элемент включен в цепь отрицательной обратной связи операционного усилителя DA2, и, соответственно, задает ток через измеряемое сопротивление.

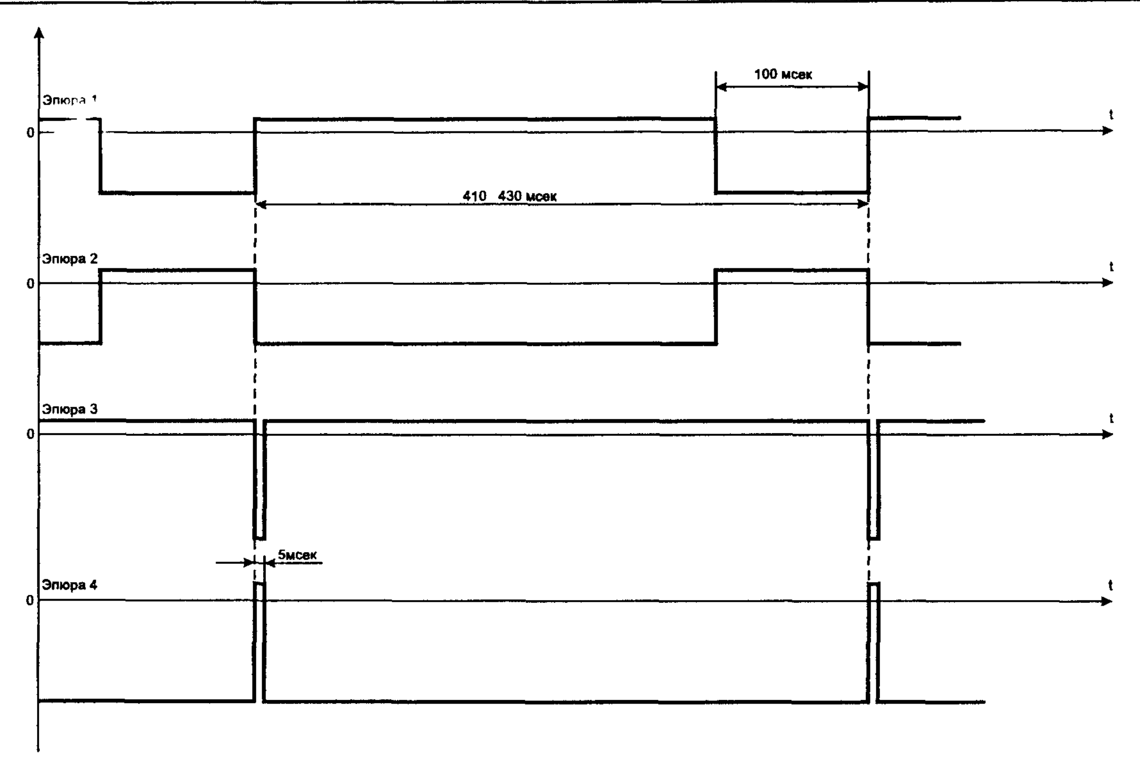


Рис 2 4 Эпюры сигналов управления преобразователем «сопротивление – постоянное напряжение»

После окончания цикла измерения осуществляется коррекция смещения нуля усилителя DA2. Для этого используются короткие импульсы длительностью 5 мс, которые формируются элементами DD12-4, DD8-4, C43, R91 (эпюры 3, 4). Эти импульсы (низким уровнем) открывают ключи VT7, VT8, VT18 и тем самым включают конденсатор C9 между выводами 2 и 3 микросхемы DA2.

Элементы VT4, VT6, VT42, VD6, R14 выполняют в схеме функции защиты от перегрузок.

Постоянное напряжение, пропорциональное сопротивлению, подключенному к входным клеммам прибора, с вывода 3 микросхемы DA2 через помеховый фильтр нижних частот R70, C13 подается на вывод 2 электронного ключа A3. При включенной секции В1-3 входного коммутатора через замкнутую вторую группу контактов постоянное напряжение -12 В поступает на вывод 3 электронного ключа A3 и замыкает его. Следовательно, измеряемое напряжение подводится через резистор R21 к истоку транзистора VT23, входящего в состав аналого-цифрового преобразователя.

При **измерении силы постоянного и переменного тока** описанные тракты работают аналогично. В этом случае к входным клеммам прибора подключается выносной шунт-преобразователь “ток – напряжение”, принципиальная схема которого изображена на рис. 2.5.

Постоянный или переменный ток, протекающий через те или иные калиброванные резисторы шунта, создает на них падение напряжения в соответствии с выбранным на шунте пределом измере-

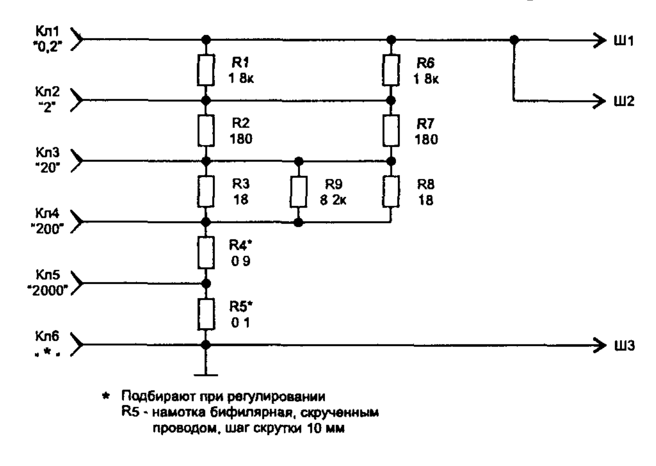


Рис 2.5. Принципиальная схема выносного шунта

ния Величина этого напряжения и оценивается затем прибором, соответственно, в режимах измерения постоянного или переменного напряжения. При этом вольтметр находится на пределе “0,2 В”.

2.3.2. Аналого-цифровой преобразователь

Аналого-цифровой преобразователь вольтметра состоит из нескольких узлов. входного усилителя (DA4), интегратора (DA7), компаратора (DA9), кварцевого генератора счетных импульсов (DD6-2, DD6-3), счетчика-делителя частоты (элементы DD1 пересчетных декад) и устройства управления (DD5, DD6-1, DD11-1). АЦП работает по принципу двойного интегрирования. Эпюры напряжений в контрольных точках схемы приведены на рис. 2.6.

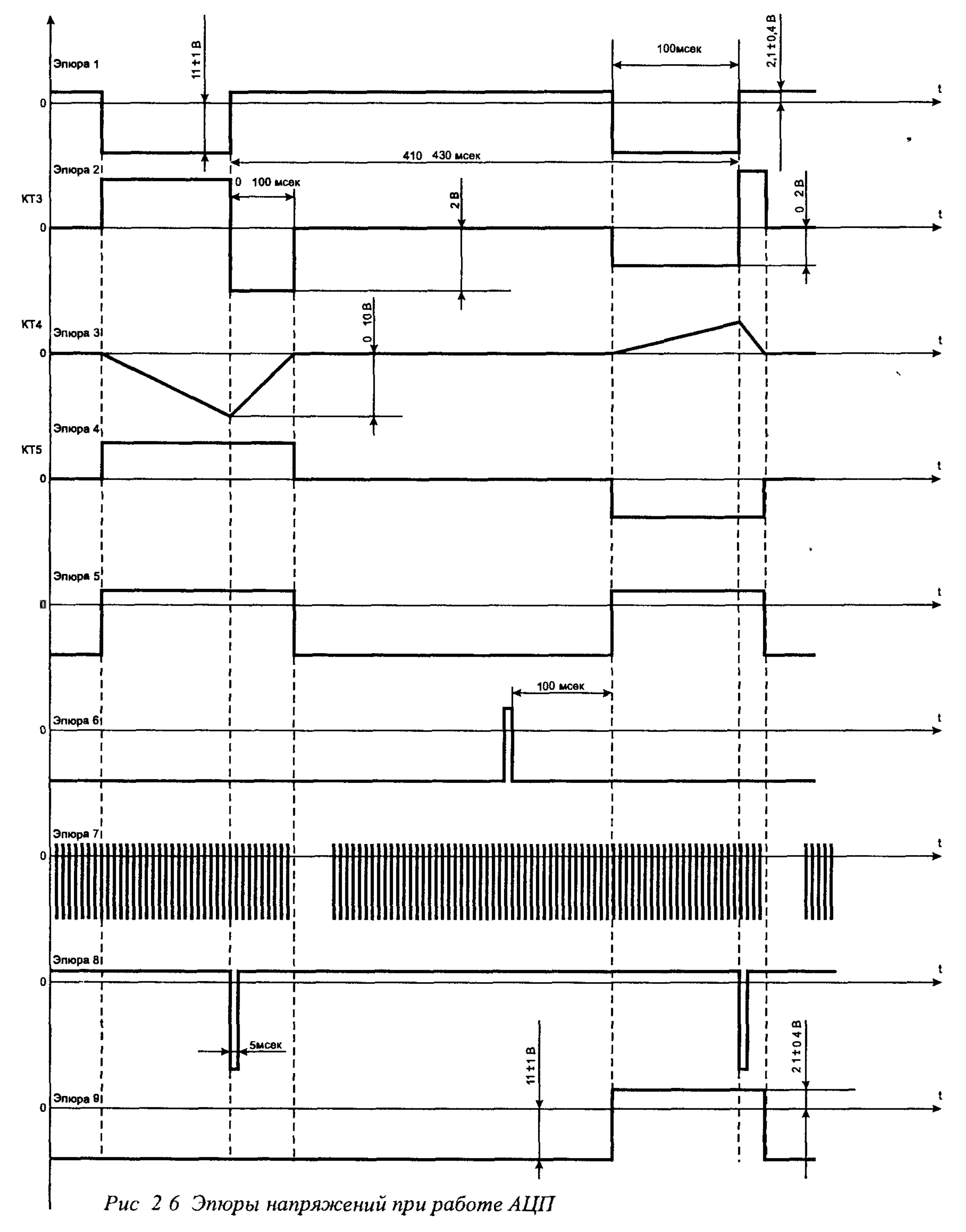


Рис 2 6 Эпюры напряжений при работе АЦП

Кварцевый генератор (DD6-2, DD6-3, Z1) формирует тактовые импульсы частотой следования 200 кГц (эпюра 7), которые определяют все временные соотношения при работе узлов вольтметра. Эти импульсы выводятся на контакт 2 разъема Ш3, а также через перемычку 12-13 Ш1 поступают на счетный вход 2 первого счетчика DD1 К176ИЕ2 декады ДК1. Пять таких счетчиков, соответственно числу декад индикатора, связаны в последовательную линейку. Комбинации отводов от тех или иных разрядов позволяют сформировать необходимые управляющие импульсы для работы остальной схемы.

Микросхема DD1 К176ИЕ2 может работать как двоичный и как десятичный счетчик. Режим работы задается уровнем сигнала на выводе 1 (высокий уровень – двоичный, низкий уровень – десятичный). Вывод 3 служит для подачи сигнала, разрешающего счет (высокий уровень). Микросхема имеет пять двоичных выходов (выводы 10 – 14) и один десятичный (вывод 15). Асинхронный сброс содержимого счетчика производится по сигналу R (вывод 9). Сигнал тактовой частоты подается на вывод 2. Для параллельной записи начального состояния счетчика могут быть использованы входы 4 – 7.

Так как частота измерений прибора выбрана равной 2,5 измерений в секунду, то с помощью логических элементов DD19-1, DD19-2, подключенных к выводам 12 и 13 микросхемы DD1 ДК5, формируется последовательность импульсов (эпюра 1), длительность низкого уровня которых (100 мс) определяет время выборки измеряемого параметра. С помощью элементов С43, R91, DD12-4 дифференцированием положительного фронта этого сигнала выделяются короткие импульсы (эпюра 8), индицирующие окончание этапа выборки.

Приведем таблицы состояний логических элементов, применяющихся в схеме цифрового вольтметра. Так как входы таких элементов равнозначны по отношению друг к другу, то в таблицах используется их нумерация, не связанная с нумерацией на принципиальной схеме.

Таблица 2.1. Состояния элементов "2И-НЕ"
(DD6, DD12, DD18 – DD20)

Вход 1	Вход 2	Выход
Низкий	Низкий	Высокий
Низкий	Высокий	Высокий
Высокий	Низкий	Высокий
Высокий	Высокий	Низкий

Таблица 2.2. Состояния элементов "3И-НЕ"
(DD5, DD13)

Вход 1	Вход 2	Вход 3	Выход
Низкий	Низкий	Низкий	Высокий
Низкий	Низкий	Высокий	Высокий
Низкий	Высокий	Низкий	Высокий
Низкий	Высокий	Высокий	Высокий
Высокий	Низкий	Низкий	Высокий
Высокий	Низкий	Высокий	Высокий
Высокий	Высокий	Низкий	Высокий
Высокий	Высокий	Высокий	Низкий

Таблица 2.3. Состояния элемента "2ИЛИ-НЕ"
(DD17)

Вход 1	Вход 2	Выход
Низкий	Низкий	Высокий
Низкий	Высокий	Низкий
Высокий	Низкий	Низкий
Высокий	Высокий	Низкий

Таблица 2.4. Состояния элемента "Исключающее ИЛИ" (DD8)

Вход 1	Вход 2	Выход
Низкий	Низкий	Низкий
Низкий	Высокий	Высокий
Высокий	Низкий	Высокий
Высокий	Высокий	Низкий

Измеряемое постоянное напряжение поступает на вывод 3 микросхемы усилителя DA4 КР544УД1Б при замкнутом электронном ключе VT23. Это имеет место во время низкого уровня напряжения на выводе 4 микросхемы DD19-2 длительностью 100 мс (эпюра 1). Конденсатор С21 заряжен до напряжения опорного источника, который, как уже указывалось, образован элементами R27, D5, R60, R65, R28, R29 и резисторами сборки Э2. Полярность получаемого опорного напряжения – отрицательная. Чтобы обеспечить работу последующих каскадов как при положительном, так и при отрицательном измеряемом напряжении, в схеме предусмотрено изменение полярности переключением обкладок конденсатора С21 с помощью ключевых транзисторов VT24 и VT33. Они управляются от логических элементов DD5-3, DD5-2 схемы оценки полярности.

Величина опорного напряжения также изменяется при смене полной шкалы (предела) АЦП. Возможны два значения шкалы: 0,2 В и 2 В. Для этого используется либо вывод 9, либо вывод 11 сборки Э2. Подключение этих выводов к конденсатору С21 осуществляется ключевыми транзисторами VT27 (шкала 2 В) и VT34 (шкала 0,2 В) по сигналам с выводов 11 логических элементов DD18-4, DD8-2 схемы автоматического выбора пределов. Эти сигналы инверсны друг другу.

Величина полной шкалы АЦП в свою очередь связана с коэффициентом передачи $K_У$ усилителя DA4, который может принимать два значения: 1 и 10. Текущее значение зависит от состояния ключей VT31 и А6, управляемых этими же сигналами со схемы автоматического выбора пределов. При низком уровне напряжения на выводе 11 элемента DD18-4 ключ А6 замкнут и $K_У = 1$ (шкала 2 В), в противном случае замкнут ключ VT31, и в обратную связь усилителя включаются резисторы R37, R46, что дает $K_У = 10$ (шкала 0,2 В).

Элементы R15, R16 (выведен на заднюю панель прибора), R22 позволяют производить коррекцию входного тока аналого-цифрового преобразователя и, следовательно, установку нуля прибора перед измерениями.

Измеряемое постоянное напряжение с выхода 6 усилителя DA4 далее поступает на вход аналогового интегратора, выполненного на элементах DA7, R51, C27. В течение времени T1 = 100 мс, когда открыт ключ VT23 (эпюра 1), конденсатор С27 заряжается током, пропорциональным входному напряжению (эпюра 3). Это означает, что, чем больше величина этого напряжения, тем выше скорость заряда. После окончания этого времени начинается второй такт интегрирования Т2 (эпюра 2), в течение которого конденсатор С27 разряжается током, пропорциональным напряжению опорного источника (эпюра 3), то есть с постоянной скоростью. Следовательно, длительность промежутка времени Т2 будет пропорциональна значению входного напряжения.

Следующий каскад – компаратор с инверсией – выполнен на элементах DA9 КР140УД5Б, VD9, VD10, R57, R95. Он сравнивает величину напряжения на выходе интегратора (эпюра 3) и величину опорного напряжения на своем выводе 14. Если первое напряжение больше второго, то на выводе 8 формируется положительный импульс, в противном случае – отрицательный. Таким образом получаются импульсы напряжения, длительность которых равна Т1+Т2 (эпюра 4).

После формирователя, выполненного на ключевом транзисторе VT44, сигнал (эпюра 9) поступает на вывод 9 микросхемы DD11-1 К561ТМ2.

Микросхема DD11 содержит два D-триггера задержки с входами асинхронного управления: 4, 10 – R (установка выхода в ноль) и 6, 8 – S (установка выхода в единицу). Эти входы имеют активные высокие уровни управления. При работе по тактовым входам С (выводы 3, 11) триггеры переключаются по положительным фронтам синхроимпульсов. Максимальная тактовая частота работы микросхемы достигает 5 МГц, время фронта тактового импульса не должно превышать 5 мкс, а длительность тактового импульса должна быть более 100 нс. Возможные состояния D-триггеров микросхемы DD11 приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5. Состояния D-триггеров микросхемы К561ТМ2

Вход				Выход	
Синхронный		Асинхронный			
C	D	R	S	Q	/Q
↑ (фронт)	Низкий	Низкий	Низкий	Низкий	Высокий
↑ (фронт)	Высокий	Низкий	Низкий	Высокий	Низкий
↑ (фронт)	x	Низкий	Низкий	Без изменения	
x	x	Высокий	Низкий	Низкий	Высокий
x	x	Низкий	Высокий	Высокий	Низкий
x	x	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий

Х – безразлично.

Таким образом, элемент DD1-1 передает сигнал с входа 9 на выходы 13, 12 только при поступлении на синхровход 11 положительного фронта импульса, то есть в момент окончания такта T1. Задачей этого каскада является фиксация полярности измеряемого напряжения. Сигнал полярности используется элементами DD5-2, DD5-3 для управления ключами VT24, VT33, коммутирующими обкладки конденсатора С21 при смене полярности измеряемого напряжения. Одновременно импульс, соответствующий отрицательной полярности, с вывода 13 микросхемы DD11-1 подается на индикаторную лампу Л2 (вывод 3) для зажигания сегмента "минус".

Формирование импульсов, соответствующих суммарному такту измерения длительностью Т1+Т2 (эпюра 5), осуществляется с помощью управляемой схемы защелки DD5-1, DD6-1. Эти импульсы имеются на контакте 3 разъема Ш3. Импульс, соответствующий моменту окончания измерения, можно наблюдать на выводе 10 элемента DD8-1 и на контакте 1 разъема Ш3.

Для повышения точности измерений и устранения погрешностей в схеме цифро-аналогового преобразователя предусмотрена коррекция напряжения смещения и дрейфа нуля операционных усилителей. Запоминание напряжения смещения и дрейфа нуля осуществляется за время между измерениями. Во время действия низкого уровня напряжения с вывода 11 элемента DD6-1 (эпюра 5) замыкаются электронные ключи VT26, VT32, А7, и конденсатор С24 заряжается до напряжения смещения и дрейфа нуля усилителей, а конденсатор С21 – до опорного напряжения. При наличии на выводе 11 элемента DD6-1 высокого уровня напряжение на конденсаторе С24 компенсирует смещение и дрейф нуля усилителей. Резисторы R98 – R100 позволяют скорректировать погрешности разнополярности напряжения.

Преобразование длительности временного интервала, пропорционального величине измеряемого напряжения, в цифровой код происходит в счетчиках DD1 декад ДК1 – ДК5. Момент первоначального обнуления этих счетчиков перед началом измерения синхронизирован с напряжением питающей сети. Для этого переменное напряжение 0,85 В со вторичной обмотки 31-32 трансформатора Тр1 через перемычку 8-9 разъема Ш1 подается на базу транзисторного ключа VT49, формирующего на коллекторе прямоугольные импульсы. Эти импульсы являются синхронизирующими для обнуляющего сигнала, поступающего со старшего разряда счетчика DD1 декады ДК5 (вывод 11) на вывод 5 D-триггера DD11-2 К561ТМ2. По положительному фронту синхроимпульсов на выводе 1 D-триггера появляется импульс сброса, который воздействует через перемычку 10-11 разъема Ш1 на выводы 9 счетчиков DD1. Цепочка С41, R81 служит для начальной установки D-триггера в момент включения питания прибора.

В момент окончания такта измерения, соответствующий отрицательному спаду импульса на выводе 11 микросхемы DD6-1 (эпюра 5) или положительному фронту – на выводе 3 DD6-4, дифференцирующей цепью С42, R83 выделяется короткий импульс "Перенос" ("Сброс"). Он подается через перемычки 17-16 и 14-15 разъема Ш1, соответственно, на выводы 1 дешифраторов DD2 К176ИД2 пересчетных декад и на вывод 13 микросхемы DD13-1 схемы автоматического выбора пределов измерения. В первом случае этот импульс разрешает перенос содержимого счетчиков в дешифраторы для осуществления индикации, во втором – используется для синхронизации.

Чтобы работа дешифраторов в момент переноса информации из счетчиков была более надежной формирование импульсов кварцевого генератора приостанавливается (эпюра 7). Для этого импульс с вывода 11 микросхемы DD6-1 через дифференцирующую цепочку С32, R59 подается на вывод 6 элемента DD6-3, отключая его.

2.3.3. Устройство индикации

Устройство индикации включает в себя дешифраторы DD2 К176ИД2, элементы микросхемы DD20 и семисегментные индикаторные лампы Л1 (в пересчетных декадах) и Л2 (разряд индикации знака и переполнения) типа ИВ-3А.

Микросхема К176ИД2 содержит преобразователь сигналов двоично-десятичного кода в сигналы управления семисегментным индикатором. Кроме того, в ней есть еще триггеры, позволяющие запоминать сигналы входного кода. Микросхема имеет четыре информационных входа (выводы 2 – 5) для подачи сигналов в коде 1-2-4-8 и три управляющих входа: S (вывод 1), М (вывод 6) и К (вывод 7). Уровень напряжения на выводе М (6) определяет полярность выходных сигналов: если на нем присутствует низкий уровень напряжения, то для зажигания сегментов индикаторных ламп на выходе дешифратора формируются сигналы высоких уровней, и наоборот. Напряжение низкого уровня на выводе К (7) разрешает индикацию, а высокого уровня – запрещает ее. По входу S (1) осуществляется управление работой триггеров памяти. При наличии на нем напряжения высокого уровня триггеры превращаются в повторители, и сигналы с информационных входов преобразуются в выходные напряжения. Если же на входе S (1) присутствует напряжение низкого уровня, то сигналы, имевшиеся на информационных входах перед этим, запоминаются в микросхеме, а сама микросхема перестает реагировать на возможные их изменения. Возможные состояния выводов микросхемы DD2 приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6. Состояния дешифратора К176ИД2

Входы							Индицируемая цифра (выходной уровень)
S	K	M	1	2	4	8	
В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	0 (высокий)
В	Н	Н	Н	Н	Н	В	1 (высокий)
В	Н	Н	Н	Н	В	Н	2 (высокий)
В	Н	Н	Н	Н	В	В	3 (высокий)
В	Н	Н	Н	В	Н	Н	4 (высокий)
В	Н	Н	Н	В	Н	В	5 (высокий)
В	Н	Н	Н	В	В	Н	6 (высокий)
В	Н	Н	Н	В	В	В	7 (высокий)
В	Н	Н	В	Н	Н	Н	8 (высокий)
В	Н	Н	В	Н	Н	В	9 (высокий)
Н	Н	Н	х	х	х	х	Запоминание
х	В	Н	х	х	х	х	Гашение
В	Н	В	Аналогично первым строкам				Аналогично первым десяти строкам (низкий)

Н – низкий уровень, В – высокий уровень, Х – безразлично.

Переменное напряжение накала 0,85 В подводится к выводам 7-8 ламп со вторичной обмотки 31-32 силового трансформатора Тр1 через перемычку 8-9 разъема Ш1. Выводы 9 являются выводами сетки, на них подается постоянное напряжение +2 В. На выводы 1 – 6, 10 ламп Л1 подаются сигналы с выходов 9 – 15 дешифраторов DD2, определяющие зажигание сегментов цифр. Вывод 11 служит для зажигания индикации запятой: в первой декаде ДК1 он не используется, в декады ДК2 – ДК5 и в разряд индикации знака (Л2) напряжения зажигания поступают с дешифратора DD16 схемы автоматического выбора пределов.

Элементы DD20-3, DD20-4 представляют собой триггерную защелку, которая служит для фиксации факта переполнения во время измерения. При появлении 20000-го импульса на выводе 13 счетчика DD1 декады ДК5 и импульса окончания такта измерения с помощью элемента DD20-1 (вывод 10) формируется сигнал переполнения, который воздействует на вывод 2 элемента DD20-3 и устанавливает на его выходе 3 высокий уровень напряжения. В результате на выводы 1, 2, 4, 5, 10 лампы Л2 подается напряжение зажигания соответствующих сегментов (буква “П”). Затем при следующем такте из-

мерения происходит сброс этой индикации импульсом с вывода 4 элемента DD19-2, поступающим на вывод 6 элемента DD20-4.

Индикация знака отрицательной измеряемой величины осуществляется также лампой Л2. Для этого на ее вывод 3, соответствующий среднему горизонтальному сегменту подается напряжение со схемы фиксации полярности DD11-1 (вывод 13).

2.3.4. Схема автоматического выбора пределов измерения

Основными элементами схемы автоматического выбора пределов являются реверсивный счетчик DD15 К561ИЕ11 и дешифратор DD16 К561ИД1. Кроме того, при работе схемы используются элементы DD12, DD13.

Микросхема К561ИЕ11 – двоичный четырехразрядный реверсивный счетчик. Она имеет четыре выхода данных вида 1-2-4-8 (выводы 6, 11, 14, 2), выход сигнала переноса (вывод 7) и несколько входов· информационных и управляющих. Информационными являются входы предварительной записи D1, D2, D4, D8 (выводы 4, 12, 13, 3), вход сигнала переноса P0 (вывод 5) и динамический тактовый вход C (вывод 15). Запускающий тактовый перепад C для счетчика – положительный. К управляющим относятся входы сброса данных R (вывод 9), разрешения предварительной записи V (вывод 1) и переключения направления счета ±1 (вывод 10). Асинхронный вход сброса данных имеет высокий активный уровень. При низком уровне напряжения на выводе 10 содержимое счетчика уменьшается в соответствии с поступающими тактовыми импульсами, при высоком уровне – увеличивается, если на выводы 1, 5, 9 подано напряжение низкого уровня. В табл. 2.7 приведены возможные состояния счетчика К561ИЕ11.

Таблица 2.7. Состояния счетчика К561ИЕ11

Вход					Режим
C	P0	±1	V	R	
x	Высокий	x	Низкий	Низкий	Не считает
↑ (фронт)	Низкий	Высокий	Низкий	Низкий	Увеличение кода
↑ (фронт)	Низкий	Низкий	Низкий	Низкий	Уменьшение кода
x	x	x	Высокий	Низкий	Предварительная установка
x	x	x	x	Высокий	Сброс

X – безразлично.

Начальная установка счетчика DD15 (сброс) производится импульсом, формируемым цепью C41, R81 в момент включения прибора. Он подается через диод VD17 на вывод 9 счетчика. Установка режима этого счетчика на сложение или вычитание (вывод 10) зависит от состояния триггера, выполненного на элементах DD12-1 и DD12-2. Триггер переключается импульсами, поступающими с вывода DD19-2 через перемычку 20-21 разъема Ш1 (режим вычитания), и импульсами, приходящими с вывода 9 элемента DD13-3 через перемычку 18-19 разъема Ш1. Элемент DD13-3 выделяет 1800-й счетный импульс в течение такта измерения.

На элементах DD13-1, DD13-2, DD12-3 выполнена схема коммутации импульсов счета. Во-первых, она разделяет 20000-е импульсы, используемые для увеличения содержимого счетчика, и импульсы сброса, формируемые после такта измерения и используемые для уменьшения содержимого счетчика. Во-вторых, с помощью дополнительных элементов DD18-2, DD18-3, VD18, R79 осуществляется ограничение работы реверсивного счетчика при сложении, а с помощью элемента DD8-3 – ограничение при вычитании.

Входы 3, 4, 12, 13 DD15 параллельной загрузки используются для переключения схемы АВП на предел "20 В", минуя промежуточные пределы, при подаче на вход вольтметра скачка напряжения более 100 В. Сигнал переключения формируют транзисторы VT45, VT46.

Дешифратор DD16 К561ИД1 совместно с элементами DD8-2, DD16 – DD18, VT52, VT54 преобразует двоичный код реверсивного счетчика DD15 в управляющие сигналы для ключей входных дели-

телей и преобразователей, а также в сигналы для перемещения положения запятой на индикаторе вольтметра.

Микросхема К561ИД1 является универсальным дешифратором. Она применяется для преобразования входного четырехразрядного двоично-десятичного кода в десятичный или четырехразрядного двоичного кода – в восьмеричный. Микросхема имеет десять выходов, которые могут использоваться не полностью (например, при восьмеричном коде используются, соответственно, только восемь выходов), и четыре входа. В табл. 2.8 приведены возможные состояния дешифратора К561ИД1.

Таблица 2.8 Состояния дешифратора К561ИД1

Входы				Выходы									
8	4	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Н	Н	Н	Н	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Н	Н	Н	В	Н	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Н	Н	В	Н	Н	Н	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Н	Н	В	В	Н	Н	Н	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Н	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	В	Н	Н	Н	Н	Н
Н	В	Н	В	Н	Н	Н	Н	Н	В	Н	Н	Н	Н
Н	В	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	В	Н	Н	Н
Н	В	В	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	В	Н	Н
В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	В	Н
В	Н	Н	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	В
В	Н	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	В	Н
В	Н	В	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	В
В	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	В	Н
В	В	Н	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	В
В	В	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	В	Н
В	В	В	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	В

Н – низкий уровень, В – высокий уровень.

2.3.5. Источник питания

Источник питания цифрового вольтметра построен по классической схеме. Переменное напряжение сети 220 В подается через предохранители Пр1, Пр2 (0,25 А) на выводы 1-1 первичной обмотки силового понижающего трансформатора Тр1.

Во вторичной цепи трансформатора имеются три обмотки. Их параметры приведены в табл. 2.9.

Таблица 2.9 Намоточные данные силового трансформатора Тр1

Номер обмотки	Номера выводов	Число витков	Диаметр провода ПЭВ-2, мм	Напряжение холостого хода U_{XX}, В	Напряжение под нагрузкой $U_Н$, В	Ток холостого хода I_{XX}, А	Ток нагрузки, А
I	1-2	2800	0,125	220	220	0,04	
	3	Экран					
	33	Экран					
II	35-36	260	0,16	20,4	18,4		0,05
III	5-6	300	0,25	23,6	20		0,12
IV	31-32	12	0,56	0,94	0,91		0,5

С обмотки II (выводы 35-36) переменное напряжение 18, 4 В поступает на диодный выпрямительный мост VD19. Для снижения пульсаций выпрямленного напряжения установлен электролитический конденсатор С38. Следующий узел – параметрический стабилизатор на элементах VT47, VD16, который формирует питающее напряжение +12 В.

С обмотки III (выводы 5-6) переменное напряжение 20 В поступает на диодный выпрямительный мост VD20. Для снижения пульсаций выпрямленного напряжения установлен электролитический конденсатор С39. Стабилизатор напряжения выполнен на интегральной микросхеме DA14 КР142ЕН2Б с дополнительным усилителем на транзисторе VT48. В результате получаются напряжения питания: -12 В и +2 В. Последнее значение определяется падением напряжения на цепи диодов VD14, VD15, VD25.

С помощью стабилизатора R62, VD12 получается напряжение +6 В.

С обмотки IV (выводы 31-32) переменное напряжение величиной не менее 0,85 В поступает через перемычку 8-9 разъема Ш1 на катоды индикаторных ламп Л1, Л2 и на схему выделения синхронизирующих импульсов (VT49, DD11-2).

2.4. Техническое обслуживание прибора

Техническое обслуживание универсального цифрового вольтметра В7-38 включает в себя мероприятия по поверке и калибровке. Поверка осуществляется не реже одного раза в год. Калибровка проводится после ремонта узлов вольтметра, а также при поверке в случае необходимости.

2.4.1. Перечень контрольно-измерительных приборов, необходимых для поверки вольтметра

В табл. 2.10 приведены технические характеристики контрольно-измерительных приборов, рекомендованных предприятием-изготовителем для проведения поверки вольтметра.

Таблица 2.10. Технические характеристики контрольно-измерительных приборов

Наименование прибора	Назначение	Пределы измерений	Погрешность
В1-12	Прибор для поверки вольтметров, дифференциальный вольтметр	Диапазон напряжений, В: $10^{-5} – 10^{3}$	$\pm(0{,}005\%\cdot U_X+5$ мкВ) 0,01%
		Диапазон токов, мА: $10^{-5} – 10^{2}$	$\pm(0{,}015+0{,}001\cdot I_П/I_X)$ %
В1-9	Прибор для поверки вольтметров переменного тока	Диапазон напряжений, В: $10^{-4} – 10^{2}$	$\pm(0{,}1+0{,}005\cdot U_X/U_{НОМ})$ %
		Диапазон частот, Гц: $20 – 100\cdot10^{3}$	
Я1В-22	Блок усиления напряжения	Диапазон выходных напряжений, В: до 300	±0,056 %
		Диапазон частот, Гц: $20 – 100\cdot10^{3}$	
Е4-11	Измеритель добротности	Диапазон измерения индуктивности, Гн: $2{,}5\cdot10^{-9} – 3{,}5\cdot10^{-6}$	±3 %
В7-38	Универсальный цифровой вольтметр	Диапазон напряжений постоянного тока, В: $10^{-5} – 10^{3}$	$\pm(0{,}04+0{,}02\cdot U_П/U_X)$ %
Р327	Магазин сопротивлений	Диапазон сопротивлений, кОм: 0 – 100	±0,01 %
Р4002	Магазин сопротивлений	Диапазон сопротивлений, кОм: $10 – 10\cdot10^{3}$	±0,05 %
Р4076	Магазин сопротивлений	Диапазон сопротивлений, МОм: 1 – 10	±0,02 %

Наименование прибора	Назначение	Пределы измерений	Погрешность
Р321	Катушка электрического сопротивления	Сопротивление, Ом: 0,1; 1	±0,02 %
С5-37	Резистор	Сопротивление, Ом: 3,3	±10 %
		Допустимая мощность рассеивания, Вт: 10	
Б5-7	Источник питания	Диапазон напряжений, В: 0 – 30	
		Диапазон токов нагрузки, А: 0 – 3	

Образцовые средства поверки сами должны быть исправны и поверены, о чем в их формулярах или паспортах делается специальная отметка. Вместо указанных средств поверки могут быть использованы другие аналогичные приборы, обеспечивающие измерение параметров в заданных диапазонах и с требуемой точностью.

2.4.2. Калибровка прибора

Калибровка универсального цифрового вольтметра В7-38 выполняется в нормальных условиях эксплуатации (см. п. 2.1) с помощью переменного резистора R29, выведенного на заднюю панель прибора, в следующей последовательности.

1. Обеспечить доступ к переменному резистору R29, удалив шайбу с уплотнительной замазкой из углубления на задней панели.
2. Включить вольтметр в сеть и дать ему прогреться в течение 15 мин для установления рабочего режима.
3. Переключатель рода работ установить в положение “U–”, соответствующее измерению постоянного напряжения.
4. Подать на вход вольтметра напряжение +1,99 В от прибора В1-12.
5. С помощью переменного резистора R29 установить на индикаторе вольтметра показание “1,99 В”.
6. Подать на вход вольтметра напряжение -1,99 В от прибора В1-12.
7. Проконтролировать показание индикатора вольтметра. Показание должно быть “-1,99 В”.
8. Если это условие не выполняется, то повторными измерениями и регулировкой переменного резистора R29 добиться, чтобы среднее арифметическое показание при положительной и отрицательной полярности измеряемого напряжения было равно напряжению калибровки.
9. Допустимое значение погрешности, выраженное в единицах младшего разряда, составляет ±3 единицы.
10. Установить шайбу на место и опломбировать уплотнительной замазкой.

2.4.3. Поверка прибора

Перед проведением поверки вольтметра необходимо выполнить его внешний осмотр для выявления возможных дефектов и недостатков. Если таковые имеются, то прибор бракуется и направляется в ремонт.

При отсутствии замечаний по внешнему осмотру следует провести опробование вольтметра. Для этого установить режим “кΩ” измерения сопротивления постоянному току и с помощью магазина сопротивлений определить правильность индикации цифр во всех разрядах индикатора прибора.

При необходимости выполнить калибровку вольтметра в соответствии с п. 2.4.2.

Определение основной погрешности измерения напряжения постоянного тока

Используемые приборы: прибор для поверки вольтметров В1-12 (используется в качестве источника калиброванных напряжений).

1. Включить поверяемый вольтметр В7-38 в режим измерения постоянного напряжения.
2. Подать на вход вольтметра с прибора В1-12 постоянное напряжение U_0 в соответствии с табл. 2.10 и оценить показание $U_П$ поверяемого вольтметра.
3. Определить основную погрешность измерения по формуле:

$$\Delta = U_П - U_0.$$

Примечание: при попеременной индикации двух соседних значений за $U_П$ принимается то, при котором погрешность наибольшая.

Если полученное значение погрешности меньше на единицу и более, чем допустимая погрешность, указанная в табл. 2.11 для оцениваемой точки, то прибор признается годным.

4. Если допустимая погрешность имеет целую и дробную часть, а полученное значение погрешности равно ее целой части, то необходимо выполнить следующую операцию. Декадой прибора В1-12, соответствующей десятым долям единиц младшего разряда вольтметра В7-38, увеличить уровень измеряемого сигнала до момента первого изменения цифры в последнем разряде индикатора В7-38. Оценить величину добавленного напряжения $U_Д$ в десятых долях единицы младшего разряда вольтметра В7-38. Определить основную погрешность по формуле:

$$\Delta = U_П - U_0 - U_Д \text{ (если погрешность отрицательна)}$$

или

$$\Delta = U_П + 1 - U_0 - U_Д \text{ (если погрешность положительна).}$$

Если полученное значение погрешности меньше, чем допустимая погрешность, указанная в табл. 2.11 для оцениваемой точки, то прибор признается годным.

Таблица 2 11 Допустимые значения погрешностей при измерении напряжения постоянного тока

Пределы	"0,2 В"						"2 В"			"20 В"			"200 В"	"1000 В"
Поверяемые отметки U_0, В	±0,00002	±0,02100	±0,05000	±0,10000	±0,15000	±0,19900	±0,2100	±1,000	±1,9900	±2,1000	±10,000	±19,900	±199,00	±1000,0
Допустимые значения погрешностей, ед. мл. разр.	±4	±4,8	±6	±8	±10	±11,9	±4,8	±8	±11,9	±5,4	±11	±17,9	±17,9	±9

Определение основной погрешности измерения напряжения переменного тока

Используемые приборы: прибор для поверки вольтметров переменного тока В1-9 (используется в качестве источника калиброванных напряжений), блок усиления напряжения Я1В-22 (используется на пределах "200 В" и "300 В").

1. Включить поверяемый вольтметр В7-38 в режим измерения переменного напряжения.
2. Подать на вход вольтметра с прибора В1-9 переменное напряжение U_0 в соответствии с табл. 2.12 и оценить показание $U_П$ поверяемого вольтметра.
3. Определить основную погрешность измерения по формуле:

$$\Delta = U_П - U_0.$$

Примечание: при попеременной индикации двух соседних значений за $U_П$ принимается то, при котором погрешность наибольшая.

Если полученное значение погрешности меньше, чем допустимая погрешность, указанная в табл. 2.12 для оцениваемой точки, то прибор признается годным.

Таблица 2.12. Допустимые значения погрешностей при измерении напряжения переменного тока

Пределы	“0,2 В”														
Частота измеряемого сигнала, Гц	30			40			60			10^4			10^5		
Поверяемые отметки U_0, В	0,02100	0,10000	0,19000	0,02100	0,10000	0,19000	0,02100	0,10000	0,19000	0,02100	0,10000	0,19000	0,02100	0,10000	0,19000
Допустимые значения погрешностей, ед. мл. разр.	±51	±170	±304	±18	±50	±86	±14	±30	±48	±14	±30	±48	±24	±40	±58

Таблица 2.12 (продолжение).

Пределы	“2 В”					“20 В”					“200 В”					“300 В”			
Частота измеряемого сигнала, Гц	30	40	60	10^3	10^5	30	40	60	10^3	10^5	30	40	60	10^3	10^5	30	40	10^3	$2\cdot10^3$
Поверяемые отметки U_0, В	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	190,0	190,0	190,0	190,0	190,0	300	300	300	300
Допустимые значения погрешностей, ед. мл. разр.	±304	±86	±48	±48	±58	±304	±86	±48	±48	±115	±304	±86	±48	±48	±115	±48	±27	±18	±33

Определение основной погрешности измерения сопротивления постоянному току

Используемые приборы: магазин сопротивлений Р327 (один или два, соединенные последовательно), магазины сопротивлений Р4002, Р4076 (соединенные последовательно).

1. Включить поверяемый вольтметр В7-38 в режим измерения сопротивления.
2. Подключить ко входу вольтметра магазин сопротивлений с установленным номиналом R_0 в соответствии с табл. 2.13 и оценить показание $R_П$ поверяемого вольтметра.
3. Определить основную погрешность измерения по формуле:

$$\Delta = R_П - R_0.$$

Примечание: при попеременной индикации двух соседних значений за $R_П$ принимается то, при котором погрешность наибольшая.

Если полученное значение погрешности меньше, чем допустимая погрешность, указанная в табл. 2.13 для оцениваемой точки, то прибор признается годным.

Таблица 2.13. Допустимые значения погрешностей при измерении сопротивления постоянному току

Поверяемые отметки R_0, кОм	0 (Р327)	0,021 (Р327)	0,1900 (Р327)	1,900 (Р327)	19,00 (Р327)	190,0 (Р327)	1900 (два Р327)	$19{,}00\cdot10$ (Р4002, Р4076)
Допустимые значения погрешностей, ед. мл. разр.	±20	±21,4	±33	±17,3	±17,3	±17,3	±32,4	±115

Определение основной погрешности измерения силы постоянного тока

Используемые приборы: прибор для поверки вольтметров В1-12 (используется в качестве калибратора тока), универсальный цифровой вольтметр В7-38 (образцовый), источник питания Б5-7, катушка электрического сопротивления Р321 (1 Ом; 0,1 Ом), резисторы С5-37 (10 Вт; 3,3 Ом).

1. Включить поверяемый вольтметр В7-38 в режим измерения постоянного напряжения.
2. Подключить к входу вольтметра выносной шунт. Пределы устанавливаются вручную с помощью переключения клемм шунта.
3. При поверке вольтметра на пределах “0,2 мА”, “2 мА”, “20 мА” в качестве источника измеряемого тока I_0 используется прибор В1-12.
4. Поверка вольтметра на пределах “200 мА” и “2000 мА” проводится в соответствии со схемой, представленной на рис. 2.7.

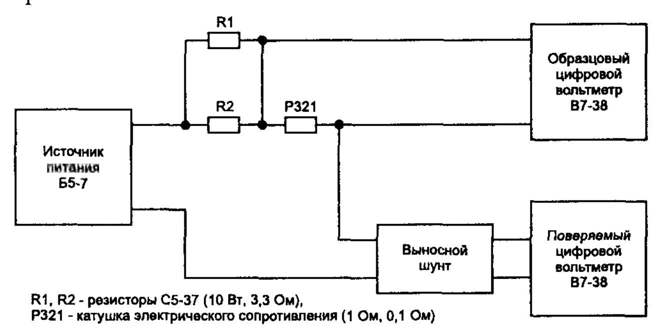


Рис. 2.7. Схема определения основной погрешности измерения силы постоянного тока на пределах “200 мА” и “2000 мА”

При этом измеряемый ток в цепи I_0 определяется по формуле:

$$I_0 = U_{P321} / R_{P321},$$

где U_{P321} – падение напряжения на катушке электрического сопротивления Р321, измеряемое образцовым цифровым вольтметром В7-38;

R_{P321} – сопротивление катушки Р321.

5. Задать значение измеряемого тока I_0 в соответствии с табл. 2.14 и оценить показание $I_П$ поверяемого вольтметра.

Примечание: допускается установка силы тока в поверяемой точке с отклонением ±2 %.

6. Определить основную погрешность измерения по формуле:

$$\Delta = I_П - I_0.$$

Примечание: при попеременной индикации двух соседних значений за $I_П$ принимается то, при котором погрешность наибольшая.

Если полученное значение погрешности меньше, чем допустимая погрешность, указанная в табл. 2.14 для оцениваемой точки, то прибор признается годным.

Таблица 2 14. Допустимые значения погрешностей при измерении силы постоянного тока.

Пределы	"0,2 мА"	"2 мА"	"20 мА"	"200 мА"	"2000 мА"
Поверяемые отметки I_0, мА	0,1900 (В1-12)	1,900 (В1-12)	19,00 (В1-12)	190,0 (рис. 2.7, Р321 – 1 Ом)	1900 (рис. 2.7, Р321 – 0,1 Ом)
Допустимые значения погрешностей, ед. мл. разр.	±51,4	±51,4	±51,4	±51,4	±51,4

Определение основной погрешности измерения силы переменного тока

Используемые приборы: измеритель добротности Е4-11.

1. Измерить прибором Е4-11 индуктивность выносного шунта на пределе “2000мА”.
2. Схемой гарантируется обеспечение основной погрешности измерения силы переменного тока в допустимых пределах, если измеренная индуктивность не превышает 0,12 мкГн, а результаты поверок при измерениях напряжения переменного тока и силы постоянного тока удовлетворительны.

2.5. Ремонт прибора

Ниже приводятся характерные неисправности универсального цифрового вольтметра В7-38 и алгоритмы их поиска и устранения.

Прибор не включается

Возможная причина: перегорели сетевые предохранители Пр1, Пр2.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить омметром исправность предохранителей, при необходимости заменить их.

Возможная причина: внутренний обрыв сетевого провода.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить омметром исправность сетевого провода.

Отсутствует индикация

Возможная причина: неисправность источника питания +2 В, -12 В.
Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить наличие питающих напряжений +2 В, -12 В, соответственно, на аноде диода VD25 и на перемычке 6-7 разъема Ш1.
2. Если напряжение на аноде диода VD25 меньше +2 В, то следует проверить исправность диодов VD14, VD15, VD25.
3. При отсутствии указанных напряжений необходимо проверить наличие постоянного напряжения около 30 В на выводах электролитического конденсатора С39. Если напряжение имеется, то неисправны микросхема DA14 или транзистор VT48.
4. В противном случае проверяется исправность диодов VD20 и наличие переменного напряжения не менее 20 В на выводах 5-6 вторичной обмотки трансформатора Тр1.

Возможная причина: переменное напряжение 0,85 В не поступает на катоды индикаторных ламп.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить исправность цепи подачи переменного напряжения 0,85 В с выводов 31-32 вторичной обмотки трансформатора Тр1 через перемычку 8-9 разъема Ш1 на выводы 7-8 ламп Л1, Л2.

Возможная причина: постоянное напряжение +2 В не поступает на сетки индикаторных ламп.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить исправность цепи подачи постоянного напряжения +2 В с анода диода VD25 на выводы 9 ламп Л1, Л2.

Нет индикации в одном или нескольких разрядах

Возможная причина: неисправна соответствующая индикаторная лампа.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить поступление всех необходимых напряжений на выводы лампы. Если они имеются, то лампу следует заменить.

Возможная причина: неисправность микросхемы DD2 дешифратора соответствующей декады.
Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить наличие напряжений питания на выводах микросхемы дешифратора: 16 (+2 В), 8 (-2 В).
2. Проверить наличие напряжения -12 В на выводе 7 микросхемы дешифратора.
3. Если указанные напряжения имеются, то микросхема дешифратора неисправна.

Неправильное свечение сегментов лампы

Возможная причина: замыкание или обрыв в подводящих проводниках на плате.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить омметром исправность цепей подачи напряжения индикации с выводов 9 – 14 соответствующего дешифратора DD2 на выводы 1 – 6 лампы Л1.

Возможная причина: замыкание электродов внутри лампы.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить омметром исправность лампы, при обнаружении замыкания лампу следует заменить.
Возможная причина: неисправность микросхемы дешифратора DD2.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить наличие сигнала низкого уровня на выводе 6 соответствующего дешифратора.
2. Проверить правильность формирования выходных сигналов дешифратора в соответствии с табл. 2.6.

При проведении измерений показания индикатора не изменяются

Возможная причина: не формируются счетные импульсы.

Алгоритм поиска неисправности:

Проверить осциллографом наличие счетных импульсов с частотой 200 кГц на выводе 4 элемента DD6-3, а также на перемычке 21-22 разъема Ш1. Если импульсы отсутствуют, то следует проверить исправность микросхемы DD6 и кварцевого резонатора Пэ1.

Возможная причина: не формируется импульс переноса для дешифраторов пересчетной декады.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить наличие импульса переноса на выводах 1 дешифраторов DD2 пересчетных декад.
2. При отсутствии импульсов переноса проверить исправность элементов DD6-4, С42, R83 и правильность их подключения.

При проведении любых измерений не производится автоматический выбор пределов

Возможная причина: неисправность микросхемы счетчика DD15.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить наличие напряжения низкого уровня на выводах 1, 5, 9 микросхемы DD15.
2. Проверить правильность работы микросхемы DD15 в соответствии с табл. 2.7.

Возможная причина: неисправность транзисторов VT45, VT46.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить величину напряжения на коллекторах транзисторов. Уровень должен быть низким относительно вывода 8 микросхемы DD15.
2. Если уровень высокий, то следует проверить исправность указанных транзисторов.

Возможная причина: неисправность микросхемы дешифратора DD16.

Алгоритм поиска неисправности:

Проверить правильность работы микросхемы DD16 в соответствии с табл. 2.8.

Возможная причина: не формируется сигнал “1800-й импульс”.

Алгоритм поиска неисправности:

Проверить наличие сигнала “1800-й импульс” на выводе 6 элемента DD12-2. Если сигнал отсутствует, то следует убедиться в исправности элемента DD13-3.

Возможная причина: на вывод 2 элемента DD12-1 не поступает тактовый импульс.

Алгоритм поиска неисправности:

Проверить цепь прохождения тактового импульса с вывода 4 микросхемы DD19-2 через перемычку 20-21 разъема Ш1 на вывод 2 элемента DD12-1.

Возможная причина: неисправность одной из микросхем DD8, DD12, DD13, DD17, DD18.

Алгоритм поиска неисправности:

Проверить работоспособность указанных микросхем в соответствии с табл. 2.1 – 2.4.

При измерении того или иного параметра неправильно осуществляется выбор пределов

Возможная причина: неисправность электронных ключей или реле в схемах соответствующих входных делителей или усилителей.

Алгоритм поиска неисправности:

В зависимости от наблюдаемого дефекта проверить исправность элементов А1, А2, Р1 (напряжение постоянного тока или постоянный ток), VT21, VT22, Р1, Р3 (напряжение переменного тока или переменный ток), VT38, VT39, Р2 (сопротивление постоянному току).

Велика погрешность измерений прибора

Возможная причина: не работает схема коррекции напряжения смещения и дрейфа нуля операционных усилителей АЦП.

Алгоритм поиска неисправности:

Проверить правильность работы электронных ключей VT26, VT32, A7. При низком уровне напряжения на выводе 11 элемента DD6-1 они должны быть замкнуты, при высоком – разомкнуты.

При измерении силы тока индицируется нулевое значение

Возможная причина: нет контакта во внешней измеряемой цепи.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить правильность подключения измеряемой цепи.

Не измеряется напряжение постоянного тока или сила постоянного тока

Возможная причина: неисправность переключателя B1-1 (“U–”).
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить омметром правильность замыкания контактов переключателя.

Возможная причина: неисправность электронного ключа A4.
Алгоритм поиска неисправности:
При наличии низкого уровня напряжения на выводе 3 электронного ключа A4 проверить прохождение сигнала через выводы 1-2. Если ключ разомкнут, то он неисправен.

Не измеряется напряжение переменного тока или сила переменного тока

Возможная причина: неисправность переключателя B1-2 (“U~”).
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить омметром правильность замыкания контактов переключателя.

Возможная причина: неисправность электронного ключа A5.
Алгоритм поиска неисправности:
При наличии низкого уровня напряжения на выводе 3 электронного ключа A5 проверить прохождение сигнала через выводы 1-2. Если ключ разомкнут, то он неисправен.

Возможная причина: неисправность одной из микросхем DA1, DA3.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить правильность прохождения измеряемого сигнала через микросхемы DA1, DA3, а также исправность транзисторов VT36, VT37, электролитического конденсатора C26 и диодов VD7, VD8.

Не измеряется сопротивление

Возможная причина: неисправность переключателя B1-3 (“кΩ”).
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить омметром правильность замыкания контактов переключателя.

Возможная причина: неисправность электронного ключа A3.
Алгоритм поиска неисправности:
При наличии низкого уровня напряжения на выводе 3 электронного ключа A3 проверить прохождение сигнала через выводы 1-2. Если ключ разомкнут, то он неисправен.

Возможная причина: неисправность микросхемы DA2 или одного из транзисторов VT19, VT28, VT29.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить исправность указанных элементов.

Большая погрешность при измерении сопротивления

Возможная причина: неисправность схемы коррекции нуля микросхемы DA2.
Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить правильность формирования элементами DD12-4, DD8-4, C43, R91 импульсов длительностью 5 мс.
2. Проверить исправность ключевых транзисторов VT7, VT8, VT18.

2.6. Конструкция прибора

Универсальный цифровой вольтметр B7-38 выпускается в пластмассовом корпусе, который состоит из верхней и нижней крышек, а также фронтальной и задней панелей. Корпус скрепляется четырьмя винтами, расположенными на нижней крышке.

На фронтальную панель выведены входные клеммы для подключения измеряемых цепей, переключатели рода работ и цифровой индикатор. На задней панели расположены вывод для заземления, предохранители, ручка регулировки нуля, а также сетевой провод. Кроме того, здесь же имеется технологический разъем Ш3 и резистор для проведения калибровки прибора, который закрыт шайбой с уплотнительной замазкой.

Для разборки прибора необходимо вначале отключить от сети провод питания, отвернуть четыре винта крепления и снять верхнюю крышку. Затем отвернуть винты крепления платы вольтметра к нижней крышке и вынуть плату вместе с фронтальной и задней панелями из нижней крышки прибора, придерживая плату за торцы.

Все элементы схемы расположены на одной плате, общий вид которой показан на рис. 2.8.

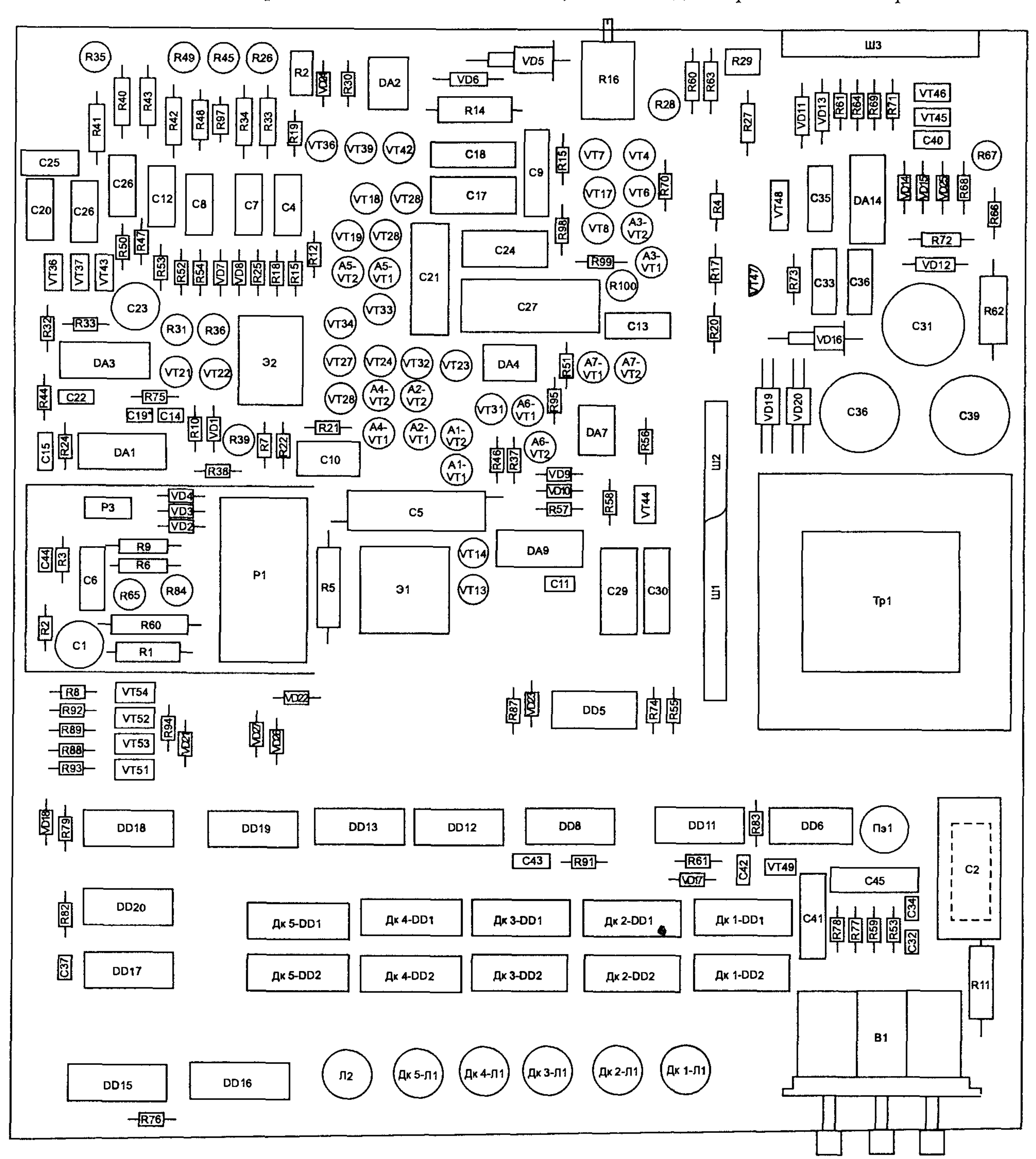


Рис. 2.8. Расположение элементов на плате вольтметра

3. Генератор сигналов низкочастотный Г3-112/1

Генератор сигналов низкочастотный Г3-112/1 предназначен для формирования сигналов синусоидальной и прямоугольной (меандр) формы различной частоты, необходимых при проведении измерений, настройке и испытаниях радиоэлектронных изделий, приборов и систем различного назначения: промышленного, научного, учебного и бытового.

Прибор состоит из двух независимых блоков: собственно генератора и усилителя, соединяемых при необходимости кабелем в единый источник сигналов. Питание обоих блоков осуществляется либо от сети напряжением 220 В 50 Гц/400 Гц, либо 115 В 400 Гц.

Установка частоты формируемых сигналов производится ступенчато с помощью переключателя поддиапазонов и плавно в пределах поддиапазона по градуированному лимбу на передней панели генератора. Предусмотрен режим внешней синхронизации синусоидальным сигналом.

Уровень выходного сигнала блока генератора точно не индицируется, а задается ступенчатым и плавным аттенюаторами. Предусмотрена возможность установки постоянной составляющей напряжения до ±20 мВ. В блоке усилителя имеется стрелочный вольтметр для индикации уровня выходного сигнала.

3.1. Технические данные

Диапазон частот и поддиапазоны:	10 Гц – 10 МГц
I поддиапазон	10 Гц – 100 Гц
II поддиапазон	100 Гц – 1000 Гц
III поддиапазон	1 кГц – 10 кГц
IV поддиапазон	10 кГц – 100 кГц
V поддиапазон	100 кГц – 1 МГц
VI поддиапазон (только синусоидальный сигнал)	1 МГц – 10 МГц
Уровень выходного синусоидального напряжения	
выход генератора	
при сопротивлении нагрузки 50 Ом	не менее 5 В
без нагрузки	не менее 10 В
выход усилителя при сопротивлении нагрузки 1000 Ом	
в диапазоне 10 Гц – 1 МГц	не менее 25 В
в диапазоне 1 МГц – 10 МГц	не менее 20 В
диапазон ступенчатой регулировки выходного уровня	
встроенный аттенюатор	0 – -70дБ
внешний аттенюатор	-40дБ
шаг ступенчатой регулировки выходного уровня	10 дБ
диапазон плавной регулировки выходного уровня	0 – -12 дБ
Коэффициент гармоник	
выход генератора при сопротивлении нагрузки 50 Ом	
в диапазоне 10 Гц – 100 Гц	не более 0,5%
в диапазоне 100 Гц – 100 кГц	не более 0,3%
в диапазоне 100 кГц – 200 кГц	не более 0,5%
в диапазоне 200 кГц – 1 МГц	не более 1%
в диапазоне 1 МГц – 10 МГц	не более 4%
выход усилителя при сопротивлении нагрузки 1000 Ом	
в диапазоне 10 Гц – 1 МГц	не более 3%
в диапазоне 1 МГц – 10 МГц	не более 5%
Параметры выходного прямоугольного напряжения	
размах напряжения на выходе генератора	
при сопротивлении нагрузки 50 Ом	не менее 10 В
без нагрузки	не менее 20 В

скважность	
в диапазоне 10 Гц – 100 кГц	2±0,05
в диапазоне 100 кГц – 1 МГц	2±0,2
длительность фронта и среза при сопротивлении нагрузки 50 Ом	не более 50 нс
Основная погрешность установки частоты	
в диапазоне 10 Гц – 1 МГц	$\pm(2+30/f_0)$%
в диапазоне 1 МГц – 10 МГц	±3%

Дополнительная погрешность установки частоты при изменении температуры окружающей среды от нормального значения (+20° С) до предельных значений не превышает $\pm 50 \cdot 10^{-4} \cdot f_0$ (±0,5 %) на каждые 10° С отклонения.

Дополнительная погрешность установки частоты при регулировке выходного напряжения от 5 В до 1,25 В (-12 дБ) при сопротивлении нагрузки 50 Ом не превышает:

в диапазоне 10 Гц – 1 МГц	$\pm 10 \cdot 10^{-4} \cdot f_0$ (±0,1%)
в диапазоне 1 МГц – 10 МГц	$\pm 150 \cdot 10^{-4} \cdot f_0$ (±1,5%)

Нестабильность частоты после часового времени установления рабочего режима в нормальных условиях эксплуатации не превышает:

за любые 15 мин	$\pm 4 \cdot 10^{-4} \cdot f_0$ (±0,04%)
за любые 3 ч	$\pm 50 \cdot 10^{-4} \cdot f_0$ (±0,5%)

Здесь f_0 – установленное по шкале генератора значение частоты (в Гц).

Погрешность ослабления аттенюатора	
в диапазоне 10 Гц – 1 МГц	не более ±0,5 дБ
в диапазоне 1 МГц – 10 МГц	не более ±0,8 дБ

Изменение напряжения на выходе блока генератора при изменении температуры окружающей среды от нормального значения (+20°С) до предельных значений не превышает ±1% на каждые 10°С отклонения.

Нестабильность напряжения на выходе блока генератора за любые 3 ч не превышает ±1%.

Изменение напряжения на выходе блока генератора при перестройке частоты относительно уровня на частоте 1000 Гц не превышает:

в диапазоне 20 Гц – 100 кГц	±1,5%
в диапазоне 100 кГц – 10 МГц	±6%
Основная приведенная погрешность установки напряжения синусоидального сигнала на выходе блока усилителя	не более ±6%

Дополнительная погрешность установки напряжения синусоидального сигнала на выходе блока усилителя при изменении температуры окружающей средыне превышает ±2% на каждые 10° С.

Выходное сопротивление генератора	50±5 Ом
Входное сопротивление генератора (вход синхронизации)	50±5 кОм
Время установления рабочего режима	15 мин
Допустимое время непрерывной работы	8 ч
Параметры источника питания:	
напряжение сети	220±22 В (50±0,5 Гц) или 115±5,75 В (400±12 Гц)
потребляемая мощность	
блок генератора	60 ВА
блок усилителя	35 ВА

Условия эксплуатации:

температура окружающей среды	-10°C – +50°C
относительная влажность воздуха при температуре воздуха +30°C	
в диапазоне 10 Гц – 1000 Гц	до 80 %
в диапазоне 1 кГц – 10 МГц	до 95 %
атмосферное давление	(450 – 800) мм рт. ст.

3.2. Структурная схема

Структурная схема низкочастотного генератора сигналов Г3-112/1 приведена на рис. 3.1. Она состоит из двух основных конструктивно независимых блоков: блока генератора и блока усилителя.

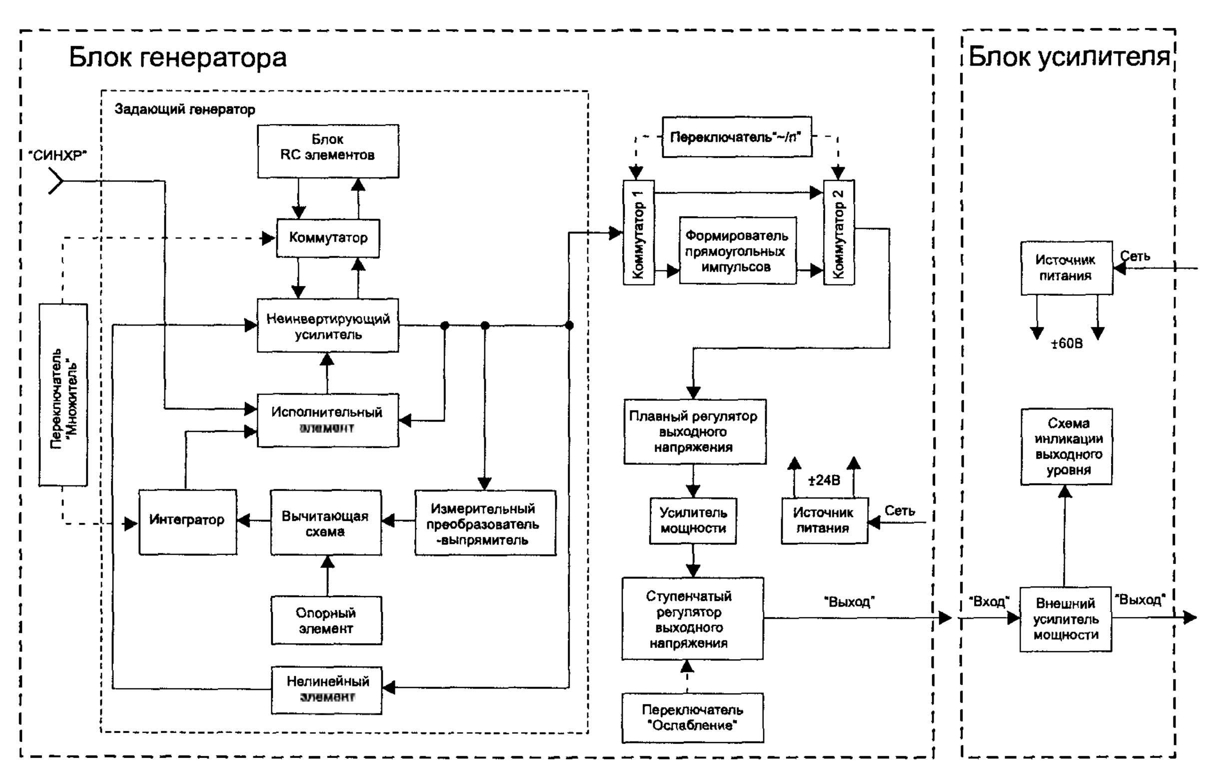


Рис 3.1. Структурная схема низкочастотного генератора сигналов Г3-112/1

Принцип работы прибора заключается в формировании с помощью перестраиваемого RC-генератора синусоидального сигнала заданной частоты, который при необходимости может быть преобразован в последовательность прямоугольных импульсов типа “меандр”, и в последующем усилении выбранного вида сигнала с возможностью регулировки его уровня.

Блок генератора содержит задающий генератор, формирователь прямоугольных импульсов, плавный регулятор выходного напряжения, усилитель мощности, ступенчатый регулятор выходного напряжения сигнала и источник питания.

В блок усилителя входит собственно усилитель, схема индикации выходного уровня и источник питания.

Задающий генератор RC-типа является перестраиваемым по частоте и содержит цепи автоматической стабилизации уровня выходного сигнала. Основными элементами задающего генератора являются неинвертирующий усилитель с большим коэффициентом усиления и блок коммутируемых и перестраиваемых RC-элементов, включенный в цепь положительной обратной связи (ПОС) усилителя. Коммутатор осуществляет переключение частотно-избирательных цепей при смене поддиапазона генератора.

В цепь отрицательной обратной связи (ООС) усилителя включены элементы, отвечающие за стабильность уровня выходного сигнала. Принцип работы системы стабилизации заключается в оценке

фактического уровня сигнала с помощью измерительного преобразователя-выпрямителя и сравнении полученной величины в вычитающей схеме с номинальным значением, формируемым опорным элементом. Полученная разница напряжений является сигналом ошибки, который фильтруется интегратором, усиливается в нем и поступает в качестве регулирующего напряжения на исполнительный элемент, находящийся в цепи ООС усилителя. В зависимости от знака отклонения выходного напряжения относительно опорного уровня исполнительный элемент либо увеличивает, либо уменьшает коэффициент усиления. Постоянная времени интегратора изменяется при переключении поддиапазонов.

Для повышения устойчивости колебаний генератора и уменьшения времени переходных процессов при коммутации и перестройке в цепь ООС включена также специальная схема стабилизации на нелинейном элементе.

Сигнал принудительной внешней синхронизации подается на генератор через гнездо "СИНХР".

Формирователь прямоугольных импульсов служит для формирования сигнала типа "меандр" (со скважностью 2) из синусоидального колебания задающего генератора. Включение и выключение формирователя в зависимости от выбранного режима работы производится с помощью коммутаторов 1 и 2.

С помощью **плавного регулятора выходного напряжения** (переменного резистора) осуществляется изменение уровня формируемого сигнала (синусоидального или прямоугольного) на величину до -12 дБ.

Усилитель мощности блока генератора обеспечивает заданную мощность в цепи нагрузки, а также исключает влияние нагрузки на работу задающего генератора.

Для грубого изменения уровня выходного сигнала блока генератора служит **ступенчатый регулятор выходного напряжения** (аттенюатор), который представляет собой набор коммутируемых резисторов. Дискретность установки величины ослабления составляет 10 дБ при постоянном выходном сопротивлении 50 Ом.

Источник питания блока генератора формирует двухполярное стабилизированное напряжение ±24 В из переменного напряжения сети 220 В 50 Гц/400 Гц или 115 В 400 Гц. В схеме источника имеются элементы защиты от перегрузки по току.

Внешний усилитель мощности предназначен для формирования выходного напряжения до 25 В в полосе частот 10 Гц – 10 МГц на сопротивлении нагрузки 1 кОм.

Схема индикации выходного уровня усилителя позволяет контролировать выходное напряжение с помощью стрелочного прибора, вынесенного на фронтальную панель блока усилителя.

Источник питания блока усилителя формирует двухполярное стабилизированное напряжение ±60 В из переменного напряжения сети 220 В 50 Гц/400 Гц или 115 В 400 Гц. В схеме источника имеются элементы защиты от перегрузки по току.

3.3. Принципиальная схема

Электрическая принципиальная схема низкочастотного генератора сигналов Г3-112/1 выполнена на биполярных и полевых транзисторах. Она состоит из нескольких частей и приведена на рис. 3.2, 3.3, 3.5, 3.7 – 3.9.

На рис. 3.2 показана схема платы 3.506, включающей в себя задающий генератор, формирователь прямоугольных импульсов с коммутаторами и усилитель мощности.

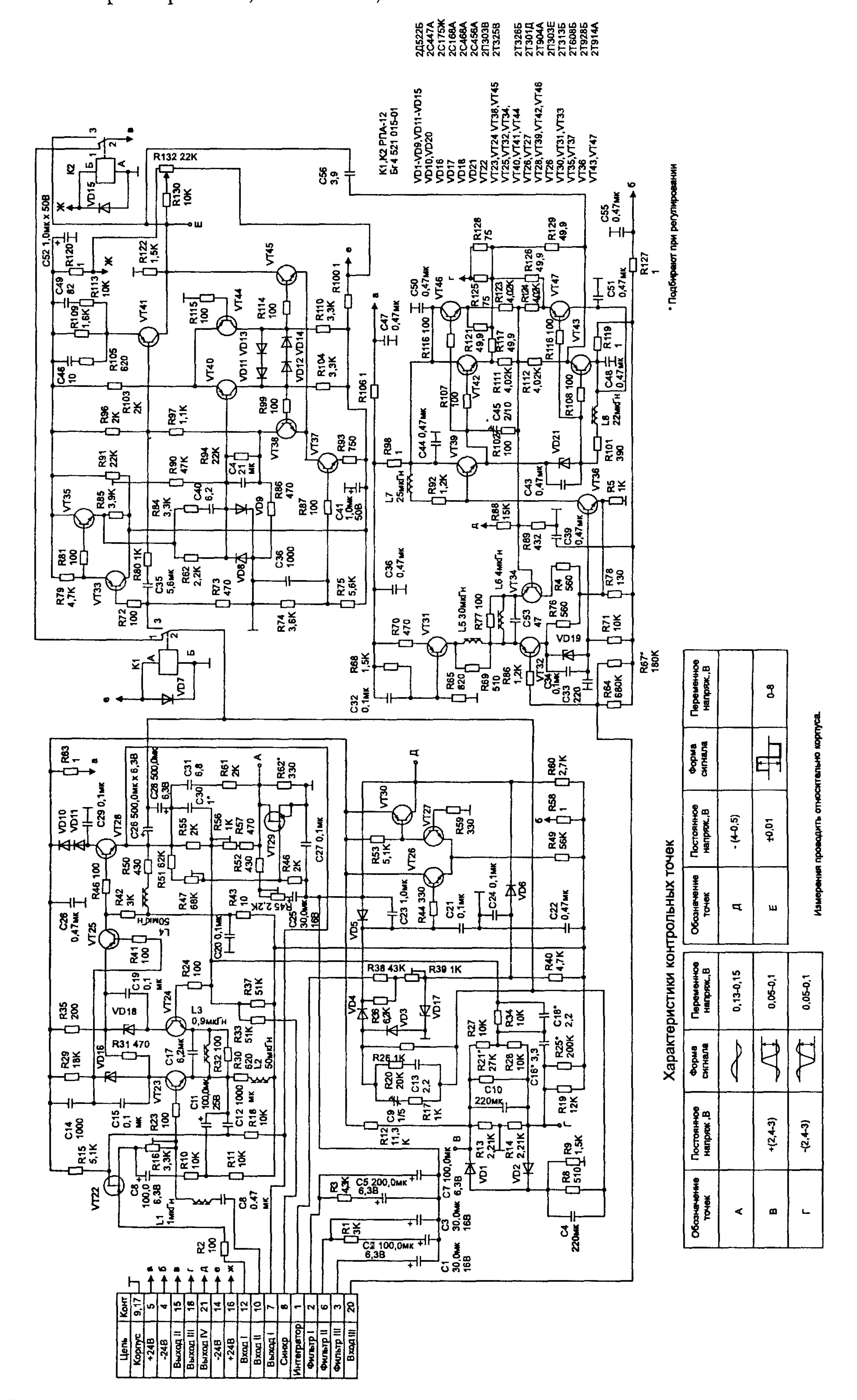
На рис. 3.3 дана схема соединений основных органов управления генератором с коммутируемыми элементами: включателя питания, переключателя поддиапазонов с RC-цепями, переключателя вида формируемого сигнала, плавного регулятора выходного напряжения.

На рис. 3.5 приведена принципиальная схема ступенчатого регулятора выходного напряжения.

На рис. 3.8 показана схема внешнего усилителя мощности (плата 3.526) и стабилизаторов источника питания, а на рис. 3.7 и 3.9 приведены схемы источников питания, соответственно блока генератора и блока усилителя мощности.

3.3.1. Задающий генератор

Задающий генератор со схемами стабилизации выходного напряжения реализован на транзисторах VT22 – VT30 (рис. 3.2). Напряжение питания ±24 В подводится к узлам схемы через соединительные контакты 4 и 5 и фильтры R58, C22 и R63, C26.



Характеристики контрольных точек

Обозначение точек	Постоянное напряж.,В	Форма сигнала	Переменное напряж.,В
А			0,13-0,15
В	+(2,4-3)		0,05-0,1
Г	-(2,4-3)		0,05-0,1

Обозначение точек	Постоянное напряж.,В	Форма сигнала	Переменное напряж.,В
Д	- (4-0,5)		
Е	±0,01		0-8

Измерения проводить относительно корпуса.

Рис. 3.2. Принципиальная схема задающего генератора, формирователя прямоугольных импульсов и усилителя мощности генератора Г3-112/1.

Транзисторы VT22 – VT25, VT28 входят в состав четырехкаскадного неинвертирующего усилителя. Транзистор VT29 является исполнительным элементом в цепи его отрицательной обратной связи, а на транзисторах VT26, VT27, VT30 собран активный интегратор.

Первый каскад усилителя (VT22) представляет собой истоковый повторитель напряжения, который выполняет задачи согласования усилительной части схемы с частотозадающими RC-цепями, определяющими рабочую частоту генератора. Элементы этих цепей R1 – R12, C1, C2, C4, C5, C8 – C18 изображены на рис. 3.3. Они подключаются к затвору транзистора VT22 через резистор R2 и соединительный контакт 12.

Рис. 3.3. Принципиальная схема соединений основных органов управления генератора Г3-112/1

Для организации положительной обратной связи в усилителе и обеспечения баланса фаз указанные цепи соединяют вход истокового повторителя с выходом неинвертирующего усилителя – эмиттером транзистора VT28 – через соединительный контакт 7.

Эквивалентная схема используемых частотозадающих RC-цепей показана на рис. 3.4.

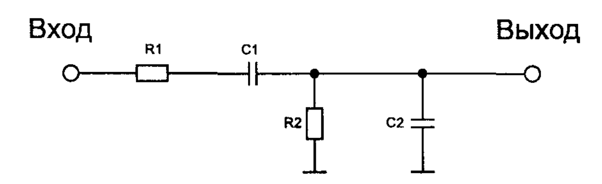


Рис. 3.4. Эквивалентная схема частотозадающих RC цепей

Она представляет собой Г-образный четырехполюсник. При равенстве последовательно и параллельно включенных элементов (R1 = R2 = R, C1 = C2 = C) рабочая частота генератора определяется следующим образом:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{RC}}.$$

В табл. 3.1 показано соответствие элементов эквивалентной и принципиальной схем частотозадающих RC-цепей в зависимости от выбранного поддиапазона генератора.

Таблица 3 1 Соответствие элементов эквивалентной и принципиальной схем частотозадающих RC-цепей

Элементы эквивалентной схемы (рис. 3.4)	Положение переключателя "Множитель"	Используемая группа контактов/контакт	Элементы принципиальной схемы (рис. 3.3)
R1	1	S1.3/2	R6
	10	S1.3/3	R5
	10^2	S1.3/4	R4
	10^3	S1.3/5	R3
	10^4	S1.3/6	R2
	10^5	S1 3/7	R1
C1	1	S1.2/2	C17, C18.1, C9, C10
	10	S1.2/3	C17, C18.1, C8
	10^2	S1.2/4	C17, C18.1, C5
	10^3	S1.2/5	C17, C18.1, C4
	10^4	S1.2/6	C17, C18.1, C2
	10^5	S1.2/7	C17, C18.1, C1
R2	1	S1.4/2	R12
	10	S1.4/3	R12, R11
	10^2	S1.4/4	R12, R10
	10^3	S1.4/5	R12, R9
	10^4	S1.4/6	R12, R8
	10^5	S1.4/7	R12, R7
C2	1	S1.4/2	C16
	10	S1.4/3	C15
	10^2	S1.4/4	C14
	10^3	S1.4/5	C13
	10^4	S1.4/6	C12
	10^5	S1.4/7	C11

Коммутация поддиапазонов генератора осуществляется переключателем S1 "Множитель". При этом ступенчато изменяются величины резисторов частотно-зависимой цепи ПОС усилителя (см. табл. 3.1). Сдвоенным воздушным конденсатором переменной емкости C18.1, C18.2 производится плавное изменение частоты в пределах выбранного поддиапазона, подстроечным конденсатором C17 можно установить начальное значение емкости в цепи элемента C18.1, а конденсаторы C1, C2, C4, C5, C8 – C16 служат для точной установки начальной емкости каждого поддиапазона.

Следует заметить, что при выборе поддиапазона "10^5" в цепь положительной обратной связи усилителя через контакт 7 группы S1.1 включается также корректирующая цепь L1, C6.

Истоковый повторитель на транзисторе VT22 имеет высокое входное сопротивление и малую проходную емкость и, следовательно, не оказывает влияния на частотные свойства цепи ПОС. Его выходной сигнал снимается со стока транзистора и поступает далее на дифференциальный каскад – усилитель напряжения, собранный на транзисторах VT23, VT24, и в частности, через резистор R23 – на базу VT23. Связь между каскадами – гальваническая. На другой вход дифференциального усилителя (базу транзистора VT24) подаются напряжения с цепей отрицательных обратных связей, что позволяет осуществить слежение за уровнем выходного сигнала. Подстроечный резистор R16 позволяет изменять режим работы дифференциального каскада.

Использование дифференциальной схемы усиления позволяет существенно понизить дрейф постоянной составляющей и уровни помех, вызванных наводками, нестабильностями напряжения питания

и т.п., так как эти помехи являются общими для обоих входов усилителя (синфазными) и, следовательно, вычитаются на выходе. Эмиттерный резистор R30 обеспечивает эмиттерную обратную связь, которая снижает коэффициент усиления синфазного сигнала без уменьшения коэффициента усиления разностного сигнала. Элементы C17, L2, L3 необходимы для коррекции АЧХ и ФЧХ усилителя. Аналогичную функцию выполняет цепь C8, C11, R10, R11.

Противофазные сигналы, снимаемые с коллекторов транзисторов VT23, VT24, поступают далее, соответственно, на базу и эмиттер усилительного каскада, выполненного на транзисторе VT25. Особенностью данного каскада является то, что в области низких и средних частот он работает по схеме с общим эмиттером (ОЭ), а в области высоких частот – по схеме с общей базой (ОБ). Во втором случае входное сопротивление каскада имеет более низкую величину, что необходимо для расширения полосы рабочих частот усилителя. Так как во всех каскадах использована гальваническая связь, то для сохранения режимов работы всего усилителя предусмотрен перевод транзистора VT25 из одной схемы включения в другую с помощью конденсатора C14. Этот конденсатор подключен через резистор R41 к базе VT25 и на высоких частотах имеет малое реактивное сопротивление, т.е. практически база VT25 соединена через указанный резистор с проводом +24 В. На низких и средних частотах сопротивление конденсатора велико, и сигнал с нагрузочного резистора R29 дифференциального каскада подается на базу VT25.

Нагрузкой рассматриваемого каскада являются резистор R42 и входное сопротивление следующего каскада на транзисторе VT28. В цепи питания от источника -24 В используется дополнительный фильтр R43, C20.

Каскад на транзисторе VT28 является эмиттерным повторителем. Напряжение питания обеспечивают стабилитроны VD10, VD20, дополнительную фильтрацию – конденсатор C29. Цепь отрицательной обратной связи, предназначенная для стабилизации уровня выходного напряжения, образована резисторами R55 – R57, R62 и полевым транзистором VT29. Этот транзистор работает как управляемое сопротивление – увеличение отрицательного напряжения на его затворе приводит к увеличению сопротивления "сток-исток". Так как участок "сток-исток" включен параллельно резистору R62, то, следовательно, увеличивается и общее сопротивление нижнего плеча резисторного делителя напряжения. Это, в свою очередь, ведет к изменению напряжения обратной связи, подаваемого на базу транзистора VT24 дифференциального каскада, и к уменьшению коэффициента усиления всего усилителя. Подстроечным резистором R56 можно регулировать глубину отрицательной обратной связи. Резисторы R45, R47, R51, R52 служат для компенсации гармонических искажений на выходе задающего генератора, возникающих из-за нелинейности характеристики транзистора VT29. Конденсаторы C30, C31 и цепь R50, L4 корректируют амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики усилителя. Дополнительная цепь отрицательной обратной связи R18, C12 служит для снижения гармонических искажений сигнала, вызванных модуляционными свойствами переходной емкости "сток-затвор" полевого транзистора.

Для слежения за величиной выходного напряжения задающего генератора имеется схема оценки уровня – измерительный преобразователь-выпрямитель. Он собран на диодах VD3, VD4. Генерируемый сигнал поступает на этот выпрямитель с эмиттера транзистора VT28 через электролитический конденсатор C28 и частотно-зависимый делитель R17, R20, R26, C9, C13. На катоде диода VD4 получается средневыпрямленное значение напряжения, которое сравнивается с опорным напряжением, задаваемым стабилитроном VD17 и резисторами R36, R38 – R40. В зависимости от того, какое из указанных напряжений больше по величине, формируется сигнал рассогласования (ошибки) того или иного знака. Уровень опорного напряжения можно регулировать подстроечным резистором R39.

Следующий каскад – активный интегратор, предназначенный для фильтрации, усиления сигнала ошибки и формирования управляющего сигнала для исполнительного элемента в цепи ООС усилителя. Основными элементами интегратора являются транзисторы VT26, VT27, VT30 и частотно-зависимые цепи C1, R1-C2, C3, R3-C5 и C7. Его схема построена по дифференциальному принципу (VT26, VT27) с емкостной обратной связью. Это позволило снизить уровень помех и наводок, а также повысить стабильность параметров интегратора. Дополнительное усиление выходного напряжения обеспечивает каскад на транзисторе VT30. Диоды VD5 и VD6, включенные в обратную связь интегратора, определяют вид его амплитудной характеристики, близкой к логарифмической.

Постоянная времени интегратора изменяется при переключении поддиапазонов генератора. Это достигается коммутацией элементов C1, R1, C2, C3, R3, C5 и C7 в цепи обратной связи через соединительные контакты 1, 2, 3, 6 и группы контактов S1.5. В табл. 3.2 показано соответствие используемых элементов выбранному поддиапазону.

Таблица 3.2. Коммутация элементов в цепи ООС интегратора

Положение переключателя “Множитель”	Используемая группа контактов/контакт	Используемые элементы в цепи ООС интегратора
1	S1.5/2	R3, C5, C7, C23
10	S1.5/3	R1, C2, C3, C23
10^2	S1.5/4	C1, C23
10^3	S1.5/5	C23
10^4	S1.5/6	C23
10^5	S1.5/7	C23

Выходной сигнал интегратора – сигнал, пропорциональный величине отклонения напряжения задающего генератора от номинального уровня, подается далее через резистор R48 на затвор полевого транзистора VT29, который служит исполнительным элементом в цепи ООС усилителя. Транзистор под воздействием этого сигнала изменяет свое внутреннее сопротивление, в частности, сопротивление участка “сток-исток”, и тем самым изменяет глубину отрицательной обратной связи.

Для повышения устойчивости колебаний генератора и уменьшения времени переходных процессов при коммутации и перестройке в цепь ООС включена также специальная схема стабилизации, выполненная на диодах VD1, VD2 с RC-элементами. На ее вход приходит выходной сигнал задающего генератора через частотно-зависимую цепь R6, R9, C4. Указанные диоды в нормальном режиме закрыты разнополярными напряжениями, создаваемыми с помощью резисторов R12 и R19, R25, и на базу транзистора VT24 регулирующий сигнал не поступает. Если же в выходном сигнале генератора имеются колебания уровня, превышающие допустимые пределы, то диоды открываются и схема формирует управляющее напряжение, воздействующее на базу транзистора VT24 и компенсирующее эти колебания.

Сигнал внешней синхронизации генератора подается с разъема “СИНХР” (рис. 3.3) через соединительный контакт 8 и резисторы R33, R24 на базу транзистора VT24.

3.3.2. Формирователь прямоугольных импульсов

Формирователь прямоугольных импульсов выполнен на транзисторах VT33, VT35, VT37, VT38, VT40, VT44, VT45 и диодах VD8, VD9, VD11 – VD14 (рис. 3.2). В его задачу входит преобразование синусоидального сигнала задающего генератора в последовательность прямоугольных импульсов типа “меандр” (скважность 2) той же частоты. Для переключения режимов работы генератора “~/п” используются контакты реле K1 и K2 (РПА-12 Бг4.521.015-01), которые коммутируют вход и выход формирователя.

При переводе тумблера S2 “~/п” в положение “п” напряжения +24 В и -24 В от источника питания подаются через соединительные контакты 16 и 14, соответственно, на обмотки указанных реле. Параллельно обмоткам установлены демпфирующие диоды VD7, VD15. Контакты 2-3 реле замыкаются и подключают вход формирователя прямоугольных импульсов к выходу задающего генератора, а выход формирователя – к плавному регулятору выходного напряжения генератора через соединительный контакт 15. Одновременно напряжения ±24 В через фильтры R120, C52 и R100, C41 подводятся к элементам схемы формирователя. При переводе тумблера S2 “~/п” в положение “~” замыкаются контакты 1-2 и сигнал задающего генератора проходит на плавный регулятор, минуя схему формирователя. Напряжения питания ±24 В в этом случае отключаются от схемы.

Рассмотрим работу формирователя прямоугольных импульсов. Сигнал с выхода задающего генератора приходит через контакты 2-3 реле K1 и резистор R72 на базу транзистора VT33, на котором выполнен эмиттерный повторитель. Следующий каскад на транзисторе VT35 также является эмиттерным повторителем. Такое построение позволяет исключить влияние схемы формирователя прямоугольных импульсов на величину гармонических искажений синусоидального сигнала и стабильность частоты задающего генератора.

Сигнал, снимаемый с эмиттера транзистора VT35, проходит через цепь R82, R84, C40 и подвергается двустороннему ограничению с помощью встречно-параллельно включенных диодов VD8, VD9.

Постоянная составляющая ограничиваемого сигнала может регулироваться подстроечным резистором R91. При этом, соответственно, изменяется скважность формируемых прямоугольных импульсов.

Ограниченный по амплитуде сигнал поступает далее на дифференциальный усилитель, реализованный на транзисторах VT40, VT44. Величина эмиттерного тока транзисторов и глубина обратной связи определяются сопротивлением резистора R103. Между коллекторами указанных транзисторов встречно-параллельно включены диоды VD11 – VD14, которые также выполняют функцию двустороннего амплитудного ограничения. Так как в этом случае диоды включены последовательно парами, то и напряжение ограничения в два раза больше, чем при первом ограничении.

Следующий усилительный каскад на транзисторах VT38, VT45 также дифференциальный. Источником эмиттерного тока является схема, построенная на транзисторе VT3.

В нагрузку дифференциального каскада включен транзистор VT41, который управляется напряжением с коллектора VT38 и создает дополнительное напряжение смещения на коллекторе VT45. Устойчивость каскадов обеспечивает цепь отрицательной обратной связи R94, C42.

Точка соединения коллекторов транзисторов VT44, VT45 является выходом схемы формирователя прямоугольных импульсов. При этом сопротивление резистора R122 определяет амплитуду прямоугольного сигнала, а сопротивление резистора R132 – величину постоянной составляющей в выходном сигнале. В оптимальном режиме эта постоянная составляющая равна нулю.

3.3.3. Усилитель мощности

На вход усилителя мощности блока генератора (рис. 3.2) приходит, в зависимости от положения переключателя S2 "~/п", либо синусоидальный, либо прямоугольный сигнал, который снимается с контакта 2 реле К2. Предварительно он проходит через соединительный контакт 15 на плавный регулятор выходного напряжения. В качестве этого элемента выступает переменный резистор R13 с корректирующим конденсатором C21 (рис. 3.3), который позволяет ослаблять уровень сигнала на 12 дБ.

Напряжение питания усилителя мощности +24 В подводится к элементам схемы через фильтры C47, R106, C38 и R98, C44, C50, а напряжение -24 В – через фильтры C55, R127 и R119, C48, C51.

Центральный вывод резистора R13 подключен через соединительный контакт 20 к входу дифференциального каскада усилителя VT32, VT34. Эмиттерный ток транзисторов обеспечивает каскад на транзисторе VT31.

Использование этой дифференциальной схемы обеспечивает низкую величину дрейфа постоянной составляющей в выходном сигнале и снижает уровни помех, вызванных наводками, нестабильностями напряжения питания и т.п., так как эти помехи являются синфазными для обоих входов усилителя и, следовательно, вычитаются на выходе. Элементы C53, L5, L6 необходимы для коррекции АЧХ и ФЧХ усилителя.

На другой вход дифференциального усилителя (базу транзистора VT34) подается напряжение отрицательной обратной связи со средней точки выходного каскада, что позволяет осуществить слежение за уровнем и постоянной составляющей выходного сигнала. Подстроечный резистор R21 (рис. 3.7), подключенный через соединительный контакт 21 платы 3.506 и контакт 6 соединителя X4, позволяет изменять режим работы дифференциального каскада по постоянному току.

Противофазные сигналы, снимаемые с коллекторов транзисторов VT32, VT34, поступают далее, соответственно, на базу и эмиттер усилительного каскада, выполненного на транзисторе VT36. Этот каскад в области низких и средних частот работает по схеме с общим эмиттером (ОЭ), а в области высоких частот – по схеме с общей базой (ОБ). Во втором случае входное сопротивление каскада имеет более низкую величину, что необходимо для расширения полосы рабочих частот усилителя. Для сохранения режимов работы всего усилителя предусмотрен перевод транзистора VT36 из одной схемы включения в другую с помощью конденсатора C33. Этот конденсатор подключен к базе VT36 и на высоких частотах имеет малое реактивное сопротивление, т.е. практически база VT36 соединена с общим проводом. На низких и средних частотах сопротивление конденсатора велико, и сигнал с нагрузочного резистора R71 дифференциального каскада подается на базу VT36.

Следующий каскад усилителя мощности – эмиттерный повторитель, выполненный на транзисторе VT39. Он работает в режиме класса А. Дроссели L7, L8 корректирует амплитудно-частотную характеристику на высоких частотах.

С эмиттера транзистора VT39 сигнал поступает на каскад усиления по мощности. Он собран по двухтактной схеме и содержит параллельно соединенные пары транзисторов VT42-VT46 и VT43-VT47. Необходимое напряжение смещения для их переходов "база-эмиттер" формируется с помощью стабилитрона VD21. Цепь R102, C45 служит для повышения устойчивости усилителя.

Напряжение средней точки (точка соединения резисторов R111, R112, R123, R124) должно быть равно нулю. Автоматическое слежение за этим параметром обеспечивает цепь отрицательной обратной связи, возникающая за счет соединения этой точки с базой транзистора VT34 дифференциального каскада.

Резисторы R117, R121, R125, R126, R128, R129 служат для создания выходного сопротивления усилителя, равного 50 Ом. Сигнал с выхода усилителя мощности подается через соединительный контакт 18 на вход ступенчатого аттенюатора.

При работе генератора в режиме формирования прямоугольного сигнала в обратную связь усилителя мощности с помощью контактов реле K2 включается конденсатор C56. Это необходимо для коррекции формы импульсов.

3.3.4. Ступенчатый регулятор выходного напряжения (аттенюатор)

Принципиальная схема ступенчатого регулятора (аттенюатора) АС-38 приведена на рис. 3.5. В ее состав входят высокоточные резисторы (±0,5 %), образующие при переключении ручки "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" делители напряжения с разными коэффициентами передачи. Величина одной ступени аттенюатора равна 10 дБ. Максимальное ослабление составляет 70 дБ. При переключении делителей выходное сопротивление генератора сохраняется постоянным и равным 50 Ом.

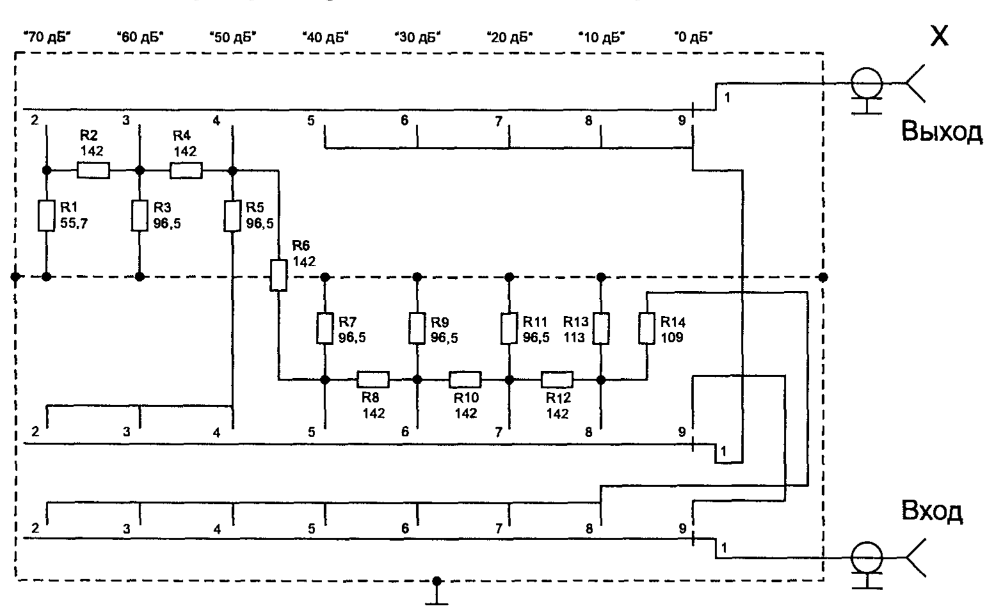


Рис. 3.5. Принципиальная схема ступенчатого регулятора выходного напряжения АС-38

Выходной разъем X аттенюатора типа СР-50-1П выведен на фронтальную панель блока генератора. Для дополнительного ослабления на 40 дБ используется внешний делитель, подключаемый к выходному разъему генератора. Его принципиальная схема показана на рис. 3.6.

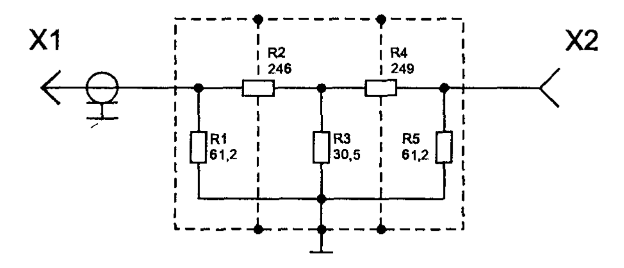


Рис. 3.6. Принципиальная схема внешнего делителя (40 дБ)

3.3.5. Источник питания блока генератора

Источник питания блока генератора выполнен по классической схеме с силовым понижающим трансформатором, выпрямительными диодными мостами и транзисторными стабилизаторами. Он формирует двухполярное постоянное напряжение ±24 В. Принципиальная схема источника питания приведена на рис. 3.7.

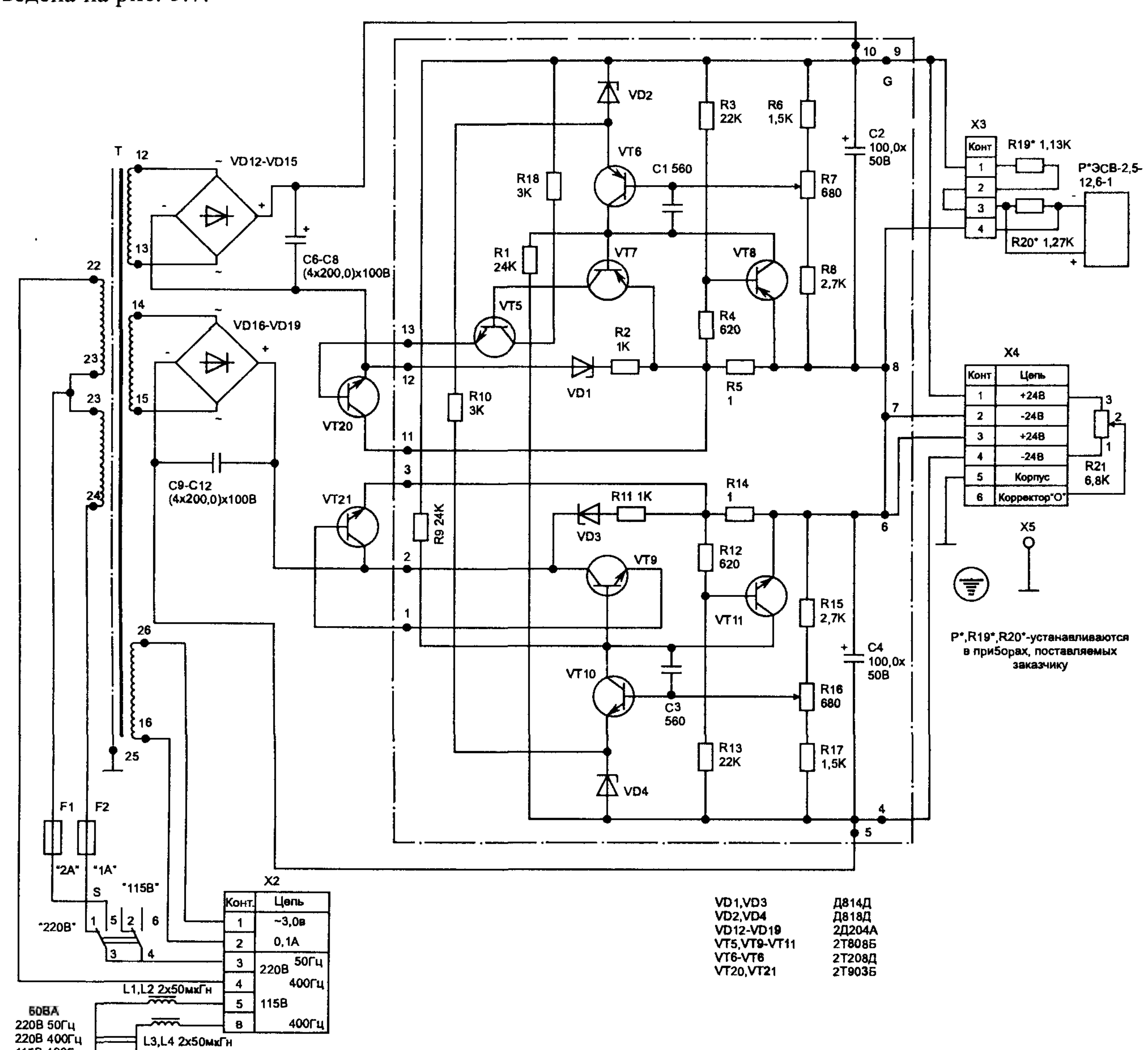


Рис. 3.7. Принципиальная схема источника питания блока генератора

Переменное напряжение сети 220 В 50 Гц/400 Гц или 115 В 400 Гц подается через помехозащищающие дроссели L1 – L4 на контакты 5, 6 соединителя X2 и далее возвращается через контакты 3-5 и 4-6 включателя S3 "СЕТЬ" на контакты 3, 4 этого же соединителя (рис. 3.3). Это напряжение подводится к первичной обмотке силового трансформатора Т (ТС-45). При использовании сети 220 В 50 Гц/400 Гц необходимо установить переключатель S в соответствующее положение "220 V". В этом случае первичная обмотка трансформатора используется полностью (выводы 22-24). При использовании сети 115 В 400 Гц (переключатель S – в положении "115 V") работает только часть первичной обмотки (выводы 22-23). Для защиты схемы источника питания в высоковольтной цепи установлены предохранители F1 (2А) и F2 (1А). Основные данные силового трансформатора Т приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3. Основные данные силового трансформатора Т (ТС-45)

Номера выводов обмотки		Число витков	Тип и диаметр провода, мм	Напряжение под нагрузкой, В	Допустимый ток нагрузки, А
Первичная	22-23	700	ПЭВ-2 0,45		
	23-24	640	ПЭВ-20,355		
Экран	25	1 слой	Лента МЭТ-0,05Н		
Вторичная	16-26	22	ПЭВ-2 0,224	3±0,15	0,1
	12-13	184	ПЭВ-2 0,63	27±1,35	1,0
	14-15	184	ПЭВ-2 0,63	27±1,35	1,0

Во вторичной цепи силового трансформатора имеется три обмотки. С помощью первой обмотки (выводы 16-26) формируется переменное напряжение 3 В, которое через контакты 1-2 соединителя Х2 поступает на индикаторную лампочку Н (рис. 3.3). Максимально допустимый ток этой цепи составляет 0,1 А.

Вторая (выводы 12-13) и третья (выводы 14-15) обмотки одинаковы и служат для формирования переменного напряжения 27 В, которое в обоих случаях поступает на выпрямительные диодные мосты VD12 – VD15 и VD16 – VD19. Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения на выходе первого моста включены электролитические конденсаторы С5 – С8, а на выходе второго – С9 – С12.

Формирование двухполярного постоянного напряжения ±24 В осуществляется с помощью двух практически идентичных схем транзисторных компенсационных стабилизаторов. Верхняя по рис. 3.7 часть схемы (транзисторы VT5 – VT8, VT20) вырабатывает напряжение +24 В, а нижняя (транзисторы VT9 – VT11, VT21) – напряжение -24 В.

В эмиттеры транзисторов VT6 и VT10, являющихся усилителями тока, включены опорные стабилитроны VD2 и VD4 типа Д818Д с малыми температурными коэффициентами напряжения. В качестве регулирующих элементов каждого из источников выступают составные транзисторы, образованные элементами VT5, VT7, VT20 (для стабилизатора +24 В) и VT9, VT21 (для стабилизатора -24 В). Между коллекторами и эмиттерами каждого из транзисторов VT20 и VT21 установлены цепи, облегчающие запуск схемы – VD1, R2 и VD3, R11. При использовании составных транзисторов высока вероятность самовозбуждения стабилизатора, поэтому на выходах схем и между коллекторами и базами усилительных транзисторов установлены конденсаторы С2, С4 и С1, С3.

Для установки выходных напряжений используются переменные резисторы R7 и R16.

В схемах предусмотрены элементы защиты от перегрузки по току – это элементы R3 – R5, VT8 и R12 – R14, VT11. При недопустимом возрастании потребляемого тока транзисторы VT8 и VT11 открываются за счет увеличения падения напряжения на резисторах R5, R14, и стабилизаторы отключаются.

Напряжение питания +24 В снимается с контакта 1 соединителя Х4, а напряжение -24 В – с контакта 4 этого же соединителя. Контакты 2 и 3 объединены между собой и соединены с общим проводом остальной схемы генератора.

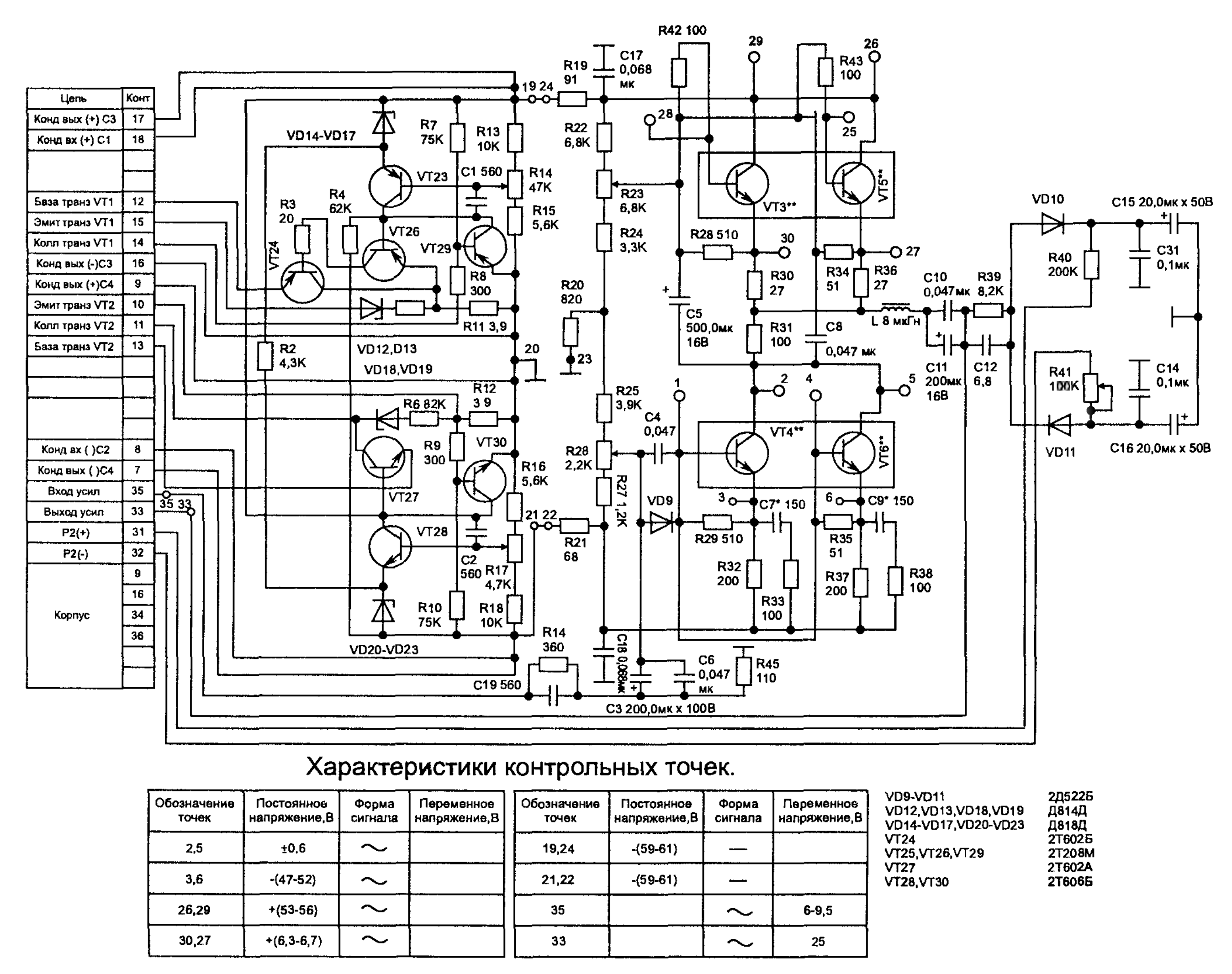
3.3.6. Внешний усилитель мощности и схема индикации выходного уровня

Внешний усилитель мощности входит в состав отдельного блока, подключаемого при необходимости в выходному разъему генератора. В его задачу входит усиление напряжения до величины 25 В в полосе рабочих частот прибора на сопротивлении нагрузки 1 кОм. Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 3.8.

Питание схемы усилителя осуществляется двухполярным напряжением ±60 В, подводимым от источника питания через фильтры R19, С17 (для положительного напряжения) и R21, С18 (для отрицательного напряжения).

Сигнал генератора поступает на вход усилителя с разъема Х2 “ВХОД”, выведенного на фронтальную панель блока, через соединительный контакт 35 платы 3.526. Предварительно он проходит через делитель R44, С19, R45 и разделительные конденсаторы С3, С6.

Усилитель выполнен по схеме с динамической нагрузкой и последовательным питанием. Транзисторы V3, V5 и V4, V6 соединены попарно параллельно, что позволяет повысить выходную мощность



Характеристики контрольных точек.

Обозначение точек	Постоянное напряжение,В	Форма сигнала	Переменное напряжение,В	Обозначение точек	Постоянное напряжение,В	Форма сигнала	Переменное напряжение,В
2,5	±0,6	~		19,24	-(59-61)	—	
3,6	-(47-52)	~		21,22	-(59-61)	—	
26,29	+(53-56)	~		35		~	6-9,5
30,27	+(6,3-6,7)	~		33		~	25

VD9-VD11	2Д522Б
VD12,VD13,VD18,VD19	Д814Д
VD14-VD17,VD20-VD23	Д818Д
VT24	2Т602Б
VT25,VT26,VT29	2Т208М
VT27	2Т602А
VT28,VT30	2Т606Б

Примачания I Измерение производить относительно корпуса
2. * Подбитается при рагулировании
3 ** Транзисторы VT3**-VT6** см рис 3 9

Рис. 3.8. Принципиальная схема внешнего усилителя мощности и стабилизаторов источника питания

усилителя. Они установлены на радиаторах. Режимы работы этих транзисторов по постоянному току устанавливаются переменными резисторами R23 и R26, соответственно. Диод VD9 выполняет функцию защиты от пробоя, возможного при насыщении транзисторов. Конденсаторы C7, C9 и дроссель L служат для коррекции АЧХ усилителя на высоких частотах.

Выходное напряжение снимается со средней точки соединения верхнего и нижнего плеч усилителя и поступает через дроссель L, разделительные конденсаторы C10, C11, соединительный контакт 33 на разъем X3 “ВЫХОД”, который выведен на фронтальную панель прибора.

Одновременно сигнал подается через цепь R39, C12 на вход схемы индикации выходного уровня. Основой этой схемы является выпрямитель с удвоением, выполненный на диодах VD10, VD11. В нагрузку этих диодов включены сглаживающие конденсаторы C13 – C16. Выпрямленное напряжение подводится через резисторы R40, R41 и соединительные контакты 31, 32 к индикаторной головке P2 – микроамперметру M260M (рис. 3.9). Индикатор выведен на фронтальную панель прибора. Его градуировка может быть выполнена с помощью переменного резистора R41.

3.3.7. Источник питания блока усилителя

Источник питания блока генератора выполнен по классической схеме с силовым понижающим трансформатором, выпрямительными диодными мостами и транзисторными стабилизаторами. Он фор-

мирует двухполярное постоянное напряжение ±60 В для схемы внешнего усилителя мощности. Принципиальная схема источника питания приведена на рис. 3.8 и 3.9.

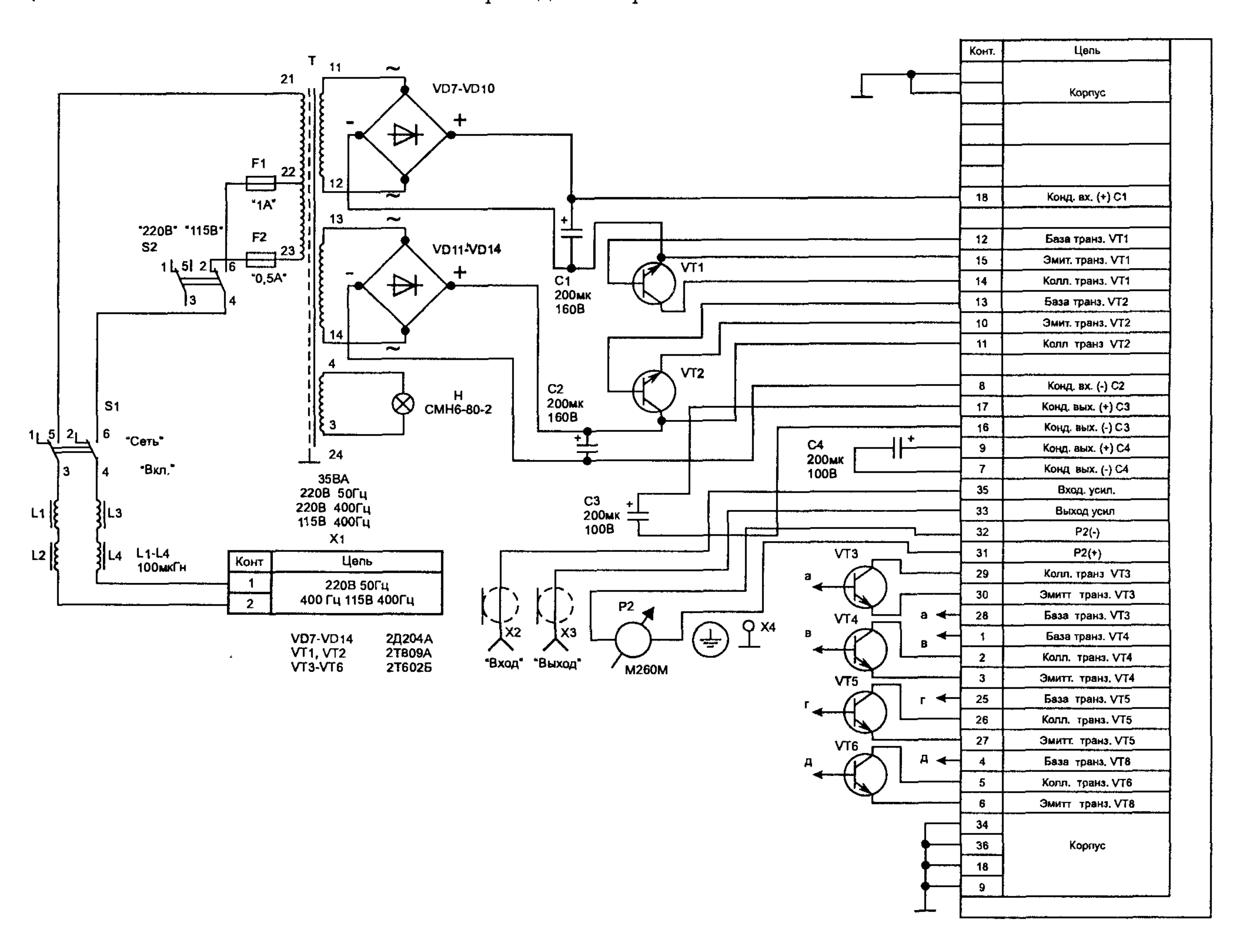


Рис. 3.9. Принципиальная схема источника питания блока усилителя

Переменное напряжение сети 220 В 50 Гц/400 Гц или 115 В 400 Гц подводится через помехозащищающие дроссели L1 – L4 и контакты 3-5 и 4-6 включателя S1 "СЕТЬ" к первичной обмотке силового трансформатора Т (ТС-46). При использовании сети 220 В 50 Гц/400 Гц необходимо установить переключатель S2 в соответствующее положение "220 V". В этом случае первичная обмотка трансформатора используется полностью (выводы 21-23). При использовании сети 115 В 400 Гц (переключатель S2 – в положении "115 V") работает только часть первичной обмотки (выводы 21-22). Для защиты схемы источника питания в высоковольтной цепи установлены предохранители F1 (1А) и F2 (0,5А). Основные данные силового трансформатора Т приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4. Основные данные силового трансформатора Т (ТС-46)

Номера выводов обмотки		Число витков	Тип и диаметр провода, мм	Напряжение под нагрузкой, В	Допустимый ток нагрузки, А
Первичная	21-22	880	ПЭВ-2 0,28		
	22-23	810	ПЭВ-2 0,224		
Экран	24	1 слой	Лента МЭТ-0,05Н		
Вторичная	3-4	26	ПЭВ-2 0,2	3±0,15	0,1
	11-12	523	ПЭВ-2 0,28	60±3	0,2
	13-14	523	ПЭВ-2 0,28	60±3	0,2

Во вторичной цепи силового трансформатора имеется три обмотки. С помощью первой обмотки (выводы 3-4) формируется переменное напряжение 3 В, которое поступает на индикаторную лампочку Н. Максимально допустимый ток этой цепи составляет 0,1 А.

Вторая (выводы 11-12) и третья (выводы 13-14) обмотки одинаковы и служат для формирования переменного напряжения 60 В, которое в обоих случаях поступает на выпрямительные диодные мосты VD7 – VD10 и VD11 – VD14. Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения на выходе первого моста включен электролитический конденсатор С1, а на выходе второго – С2.

Формирование двухполярного постоянного напряжения ±60 В осуществляется с помощью двух практически идентичных схем транзисторных компенсационных стабилизаторов. Верхняя по рис. 3.8 часть схемы (транзисторы VT23, VT24, VT26, VT29, VT1) вырабатывает напряжение +60 В, а нижняя (транзисторы VT27, VT28, VT30, VT2) – напряжение -60 В.

В эмиттеры транзисторов VT23 и VT28, являющихся усилителями тока, включены цепь опорных стабилитронов VD14 – VD17 и VD20 – VD23 типа Д818Д с малыми температурными коэффициентами напряжения. В качестве регулирующих элементов каждого из источников выступают составные транзисторы, образованные элементами VT1, VT24, VT26 (для стабилизатора +60 В) и VT2, VT27 (для стабилизатора -60 В). Между коллекторами и эмиттерами каждого из транзисторов VT1 и VT2 установлены цепи VD12, VD13, R5 и VD18, VD19, R6, облегчающие запуск схемы.

При использовании составных транзисторов высока вероятность самовозбуждения стабилизатора, поэтому на выходах схем и между коллекторами и базами усилительных транзисторов установлены конденсаторы С3, С4 и С1, С2.

Для установки выходных напряжений используются переменные резисторы R14 и R17.

В схемах предусмотрены элементы защиты от перегрузки по току – это элементы R7, R8, R11, VT29 и R9, R10, R12, VT30. При недопустимом возрастании потребляемого тока транзисторы VT29 и VT30 открываются за счет увеличения падения напряжения на резисторах R11, R12, и стабилизаторы отключаются.

3.4. Техническое обслуживание прибора

Техническое обслуживание низкочастотного генератора сигналов Г3-112/1 заключается в периодической поверке прибора. Поверка осуществляется не реже одного раза в год, а также после ремонта узлов.

3.4.1. Перечень контрольно-измерительных приборов, необходимых для поверки генератора

В табл. 3.5 приведены технические характеристики контрольно-измерительных приборов, рекомендованных предприятием-изготовителем для проведения поверки генератора.

Таблица 3.5. Технические характеристики контрольно-измерительных приборов

Наименование прибора	Назначение	Пределы измерений	Погрешность
Ч3-54	Частотомер электронно-счетный	Диапазон измеряемых частот f, Гц: 0,1 – $120 \cdot 10^6$	$\pm(5 \cdot 10^{-6} + 1/f \cdot t_{СЧ})$, $t_{СЧ}$ – время счета
		Диапазон измеряемых временных интервалов, с: $10^{-7} - 10^{-5}$	
Ф584	Вольтметр эффективных значений	Диапазон напряжений, В: 0,5 – 10. Диапазон рабочих частот, Гц: 1 – 10^6	±0,5 % (f=1 – 10^5 Гц), ±1 % (f=10^5 – 10^6 Гц)
В3-48	Милливольтметр	Диапазон напряжеиий, В: $300 \cdot 10^{-6}$ – 300. Диапазон рабочих частот, Гц: 10 – $10 \cdot 10^6$	От ±2,5 % до ±4 %
В6-10	Вольтметр селективный	Диапазон напряжений, В: 10^{-6} – 1 (с делителем). Диапазон рабочих частот, МГц: 0,1 – 30. Полоса пропускания: 9 и 1 кГц	10 % (до 5 МГц)

Наименование прибора	Назначение	Пределы измерений	Погрешность
В7-16	Вольтметр цифровой	Диапазон напряжений, В: 0 – 25. Диапазон рабочих частот, Гц: 20 – 1000	±0,5 %
В7-15 (В7-26)	Вольтметр универсальный	Диапазон напряжений, В: 0 – 30. Диапазон рабочих частот, Гц: 0 – 10^7	±2,5 %
Т16 с термопреобразователем Т108	Термовольтметр	Диапазон напряжений, В: 3 – 30. Диапазон рабочих частот, Гц: 1 – 10^7	±1,5 %
Д1-13 (АСО-3М)	Образцовый аттенюатор	Диапазон регулировки ослабления, дБ: 0 – 70	±0,15 дБ
ДК1-12 с генератором Г4-107	Установка для калибровки аттенюаторов	Диапазон регулировки ослабления, дБ: 0 – 70. Диапазон рабочих частот, МГц: 0,1 – 10	0,06 дБ
Г4-102А	Генератор сигналов высокочастотный	Диапазон рабочих частот: до 50 МГц	±1 %
		Напряжение выходного сигнала, В: 0,1 – 1 В	±1 дБ
Г4-107	Генератор сигналов высокочастотный	Диапазон рабочих частот: до 15 МГц	±1 %
		Напряжение выходного сигнала, В: 0,1 – 1 В	±1 дБ
С6-7	Измеритель коэффициента гармоник	Коэффициент гармоник $К_Г$, %: 0,3 – 100. Диапазон рабочих частот, Гц: 0 – $200 \cdot 10^3$	$0,1 \cdot К_Г + 0,1\%$
С1-70	Осциллограф	Полоса пропускания, МГц: 0 – 50. Чувствительность, мВ/дел: 20 Длительность развертки, мкс/дел: 0,01	±6 %

Образцовые средства поверки сами должны быть исправны и поверены, о чем в их формулярах или паспортах делается специальная отметка. Вместо указанных средств поверки могут быть использованы другие аналогичные приборы, обеспечивающие измерение параметров в заданных диапазонах и с требуемой точностью.

3.4.2. Поверка прибора

Перед проведением поверки генератора необходимо выполнить его внешний осмотр для выявления возможных дефектов и недостатков. Если таковые имеются, то прибор бракуется и отправляется в ремонт.

При отсутствии замечаний по внешнему осмотру следует провести опробование генератора. Для этого подключить к выходу генератора осциллограф С1-70 и убедиться в наличии выходных синусоидальных колебаний или прямоугольных импульсов различных частот и уровней. Аналогично следует проверить и работоспособность блока усилителя мощности, предварительно соединив его входное гнездо с выходным гнездом блока генератора.

Определение основной погрешности установки частоты

Используемые приборы: электронно-счетный частотомер Ч3-54.

1. Подключить к гнезду генератора “ВЫХОД” частотомер Ч3-54 при сопротивлении нагрузки 50±0,25 Ом. Установить выходное напряжение генератора 5 В.
2. Установить частоту выходного сигнала генератора по шкале в соответствии с табл. 3.6 и оценить показание индикатора частотомера.
3. Определить относительную погрешность установки частоты в процентах по формуле:

$$\delta_f = \frac{f_H - f_{ИЗМ}}{f_{ИЗМ}} \cdot 100,$$

где f_H – номинальное значение частоты, установленное по шкале генератора, Гц;
$f_{ИЗМ}$ – измеренное значение частоты, Гц.

Примечание: установку частоты по шкале генератора и ее измерение проводить дважды: при подходе по шкале частот со стороны больших и меньших значений.

Если полученное значение погрешности не превышает величины допустимой погрешности, указанной в табл. 3.6 для оцениваемой точки, то прибор признается годным.

Таблица 3.6. Допустимые значения погрешностей установки частоты

Поддиапазон	"1"					"10"					"10^2"					"10^3"					"10^4"					"10^5"				
Поверяемые отметки (риски шкалы)	10	20	30	60	100	10	20	30	60	100	10	20	30	60	100	10	20	30	60	100	10	20	30	60	100	10	20	30	60	100
Допустимая погрешность, %	$\pm(2+30/f_H)$																									±3				

Измерение номинального и максимального значений выходного синусоидального напряжения на выходах блоков генератора и усилителя мощности

Используемые приборы. цифровой вольтметр В7-16, термовольтметр Т16.

1. Подключить цифровой вольтметр В7-16 к гнезду генератора "ВЫХОД" при сопротивлении нагрузки 50±0,25 Ом. Установить частоту сигнала 1000 Гц, а выходное напряжение U_1, измеренное в крайнем правом положении плавного регулятора, 5 В.
2. Установить ручку плавного регулятора выходного напряжения в крайнее левое положение. Измерить уровень U_2 выходного сигнала генератора.
3. Определить ослабление выходного напряжения плавным регулятором по формуле:

$$G = 20 \cdot \lg \frac{U_1}{U_2}.$$

Плавная регулировка выходного напряжения синусоидального сигнала должна осуществляться в пределах от 5 до 1,25 В (-12 дБ).

4. Отключить нагрузку 50 Ом, установить ручку в крайнее правое положение и измерить уровень выходного сигнала генератора, который должен быть не менее 10 В.
5. Соединить кабелем гнезда "ВЫХОД" блока генератора и "ВХОД" блока усилителя мощности. Подключить к гнезду "ВЫХОД" блока усилителя мощности нагрузку 1000±5 Ом и цифровой вольтметр В7-16.
6. Установить частоту сигнала 1000 Гц, а ручкой плавной регулировки блока генератора – максимальный уровень выходного сигнала.
7. Измерить напряжение на выходе блока усилителя. Его величина должна быть не менее 25 В. Провести подобные проверки на I – V поддиапазонах.
8. Подключить к гнезду "ВЫХОД" блока усилителя мощности нагрузку 1000±5 Ом и термовольтметр Т16.
9. Установить частоту сигнала 10 МГц (VI поддиапазон), а ручкой плавной регулировки блока генератора – максимальный уровень выходного сигнала.
10. Измерить напряжение на выходе блока усилителя. Его величина должна быть не менее 20 В.

Определение изменения напряжения на выходе блока генератора при перестройке частоты

Используемые приборы: цифровой вольтметр В7-16, термовольтметр Т16, вольтметр эффективных значений Ф584.

1. Подключить цифровой вольтметр В7-16 к гнезду генератора "ВЫХОД" при сопротивлении нагрузки 50±0,25 Ом. Установить частоту сигнала 1000 Гц, а выходное напряжение U_0=5 В.
2. Установить частоту выходного сигнала генератора по шкале в поддиапазонах "1", "10" в соответствии с табл. 3.7 и измерить выходное напряжение U по вольтметру.
3. Подключить вольтметр эффективных значений Ф584 к гнезду генератора "ВЫХОД" при сопротивлении нагрузки 50±0,25 Ом. Вновь установить частоту сигнала 1000 Гц, а выходное напряжение U_0=5 В.
4. Установить частоту выходного сигнала генератора по шкале в поддиапазонах "10^2", "10^3", "10^4" в соответствии с табл. 3.7 и измерить выходное напряжение U по вольтметру.
5. Подключить термовольтметр Т16 к гнезду генератора "ВЫХОД" при сопротивлении нагрузки 50±0,25 Ом. Вновь установить частоту сигнала 1000 Гц, а выходное напряжение U_0=5 В.
6. Установить частоту выходного сигнала генератора по шкале в поддиапазоне "10^5" в соответствии с табл. 3.7 и измерить выходное напряжение U по вольтметру.

7. Определить для каждой точки изменение выходного напряжения в процентах по формуле:

$$\delta_U = \frac{U_0 - U}{U_0} \cdot 100.$$

Если полученные значения δ_U не превышают допустимой величины, указанной в табл. 3.6 для оцениваемой точки, то прибор признается годным.

Таблица 3.7. Допустимые изменения выходного напряжения при перестройке частоты относительно частоты 1000 Гц

Поддиапазон	“1”			“10”			“10^2”			“10^3”			“10^4”			“10^5”		
Поверяемые отметки, Гц	20	40	100	100	400	1000	1000	4000	10000	10^4	$4\cdot10^4$	10^5	10^5	$4\cdot10^5$	10^6	10^6	$4\cdot10^6$	10^7
Допустимое изменение, %	±1,5												±6					

Измерение постоянной составляющей напряжения на выходе блока генератора

Используемые приборы: цифровой вольтметр В7-16.

1. Подключить цифровой вольтметр В7-16 к гнезду генератора “ВЫХОД” при сопротивлении нагрузки 50±0,25 Ом. Установить частоту сигнала 1000 Гц, ослабление 0 дБ, а выходное напряжение 5В.
2. Измерить величину постоянной составляющей выходного напряжения, которая не должна превышать ±20 мВ.
3. Если величина постоянной составляющей выходного напряжения превышает указанное значение, то следует уменьшить ее подстроечным резистором R21 (“▶0◀”).

Определение погрешности ослабления аттенюатора блока генератора

Используемые приборы: образцовый аттенюатор Д1-13 (АСО-3М), милливольтметр В3-48, установка для калибровки аттенюаторов ДК1-12, генератор высокочастотный Г4-102А, генератор высокочастотный Г4-107, осциллограф С1-70.

1. Собрать установку для измерения ослабления аттенюатора блока генератора по схеме, приведенной на рис. 3.10. Трансформатор ВЧ согласующий (ЕЭ4.735.505) имеется в комплекте ЗИП прибора Ч3-54, переход ТП-116 (50 Ом) имеется в ЗИП прибора В7-26.

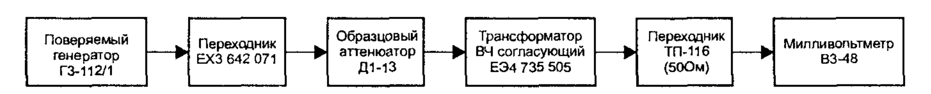


Рис. 3.10. Структурная схема установки для измерения ослабления аттенюатора блока генератора

2. Перед включением генератора переключатель “ОСЛАБЛЕНИЕ dB” и ручку плавного регулятора установить в нулевое положение.
3. Включить генератор. Установить частоту выходного сигнала 1 МГц.
4. На образцовом аттенюаторе Д1-13 установить ослабление 30 дБ. Установить предел шкалы вольтметра В3-48 равным 30 мВ. Ручкой плавной регулировки генератора выставить показание вольтметра 0 дБ.
5. Определить погрешности ослабления аттенюатора блока генератора по шкале милливольтметра (dB) в диапазоне 0 – 30 дБ, устанавливая ослабления в соответствии с табл. 3.8.

Таблица 3.8. Допустимые погрешности ослабления аттенюатора блока генератора

Частота	1 МГц									10 МГц								
Предел шкалы вольтметра В3-48	30 мВ				1 мВ					30 мВ				1 мВ				
Ослабление аттенюатора Д1-13, дБ	30	20	10	0	40	30	20	10	0	30	20	10	0	40	30	20	10	
Ослабление аттенюатора блока генератора, дБ	0	10	20	30	30	40	50	60	70	0	10	20	30	30	40	50	60	
Допустимая погрешность ослабления, дБ	±0,5									±0,8								

6. На образцовом аттенюаторе Д1-13 установить ослабление 40 дБ, а на генераторе 30 дБ. Установить предел шкалы вольтметра В3-48 равным 1 мВ. Ручкой плавной регулировки генератора выставить показание вольтметра 0 дБ.
7. Устанавливая ослабления в соответствии с табл. 3.8, определить погрешности ослабления аттенюатора блока генератора по шкале милливольтметра (dB) в диапазоне 30 – 70 дБ по формуле:

$$\delta_{\Sigma} = \delta_1 + \delta_2,$$

где δ_1 – погрешность ослабления аттенюатора при 30 дБ;
δ_2 – погрешность ослабления аттенюатора относительно 30 дБ.

Если полученные значения δ_{Σ} не превышают допустимой величины, указанной в табл. 3.8 для оцениваемой точки, то прибор признается годным.

8. Повторить измерения погрешности ослабления на частоте 10 МГц. При этом можно использовать образцовый аттенюатор Д1-13 с собственной погрешностью не более 0,25 дБ или установку ДК1-12 (рис. 3.11). Методика измерения изложена в п.9 – п.14.

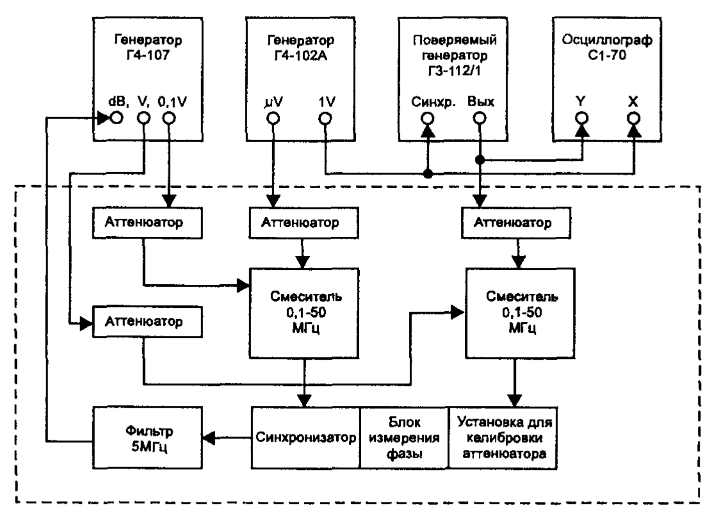


Рис. 3.11. Структурная схема установки для измерения погрешности аттенюатора на частоте 10 МГц

9. Установить выходное напряжение поверяемого генератора равным 5 В при сопротивлении нагрузки 50 Ом, а частоту сигнала 10 МГц. Подключить этот сигнал к входу "Y" осциллографа С1-70.
10. Подать на вход "СИНХР" поверяемого генератора от внешнего генератора Г4-102А сигнал с частотой 10 МГц и напряжением 1 В. Этот же сигнал подать на вход "X" осциллографа С1-70, установленного в режим наблюдения фигур Лиссажу.
11. Регулировкой частоты генератора Г4-102А добиться, чтобы фазовый сдвиг между сигналами, подаваемыми на входы осциллографа был, равен 180^0. Этому моменту соответствует наклонная прямая линия на экране осциллографа.
12. Подать сигнал с выхода "μV" генератора Г4-102А и сигнал поверяемого генератора на входы установки для калибровки аттенюаторов ДК1-12.
13. Последовательно установить на поверяемом генераторе ослабления аттенюатора, равные 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 дБ и определить величину ослабления каждой ступени по ДК1-12.
14. Определить абсолютную погрешность ослабления в децибелах по формуле:

$$\Delta n = n_Г - n_{ИЗМ},$$

где $n_Г$ – значение ослабления, установленное на поверяемом генераторе, дБ;
$n_{ИЗМ}$ – измеренное значение ослабления, дБ.

Определение погрешности ослабления внешнего аттенюатора (-40 дБ)

Используемые приборы: образцовый аттенюатор Д1-13 (АСО-3М), милливольтметр В3-48, установка для калибровки аттенюаторов ДК1-12, генератор высокочастотный Г4-102А, генератор высокочастотный Г4-107, осциллограф С1-70.

Определение погрешности ослабления внешнего аттенюатора проводится аналогично предыдущему пункту поверки, но только для одной величины ослабления 40 дБ. При этом схема установки имеет

вид, представленный на рис. 3.12. На образцовом аттенюаторе Д1-13 устанавливают ослабление 40 дБ, а предел шкалы милливольтметра В3-48 выбирается равным 10 мВ.



Рис. 3.12. Структурная схема установки для измерения ослабления внешнего аттенюатора(-40 дБ)

Определение основной приведенной погрешности установки напряжения

Используемые приборы: цифровой вольтметр В7-16, термовольтметр Т16 с термопреобразователем Т108.

1. Подключить усилитель мощности к выходу блока генератора.
2. Подключить к выходу блока усилителя нагрузку 1000±5 Ом и измерительный вольтметр (В7-16 – на частотах 20 – 1000 Гц; Т16 – на частотах 1000 Гц – 10 МГц).
3. Включить режим синусоидального сигнала. Установить по индикатору блока усилителя значения выходного напряжения в соответствии с табл. 3.9 и оценить показания вольтметра.
4. Определить относительную приведенную погрешность установки напряжения в процентах по формуле:

$$\delta_U = \frac{U_И - U_{ИЗМ}}{U_{ВП}} \cdot 100,$$

где $U_И$ – величина напряжения по индикатору блока усилителя, В;
$U_{ИЗМ}$ – измеренное значение напряжения, В;
$U_{ВП}$ – верхний предел поверяемой шкалы, В.

Таблица 3.9. Допустимые значения основной приведенной погрешности установки напряжения

Используемый вольтметр	В7-16							Т16		
Частота сигнала, Гц	1000					20	1000	10^5	10^6	10^7
Выходное напряжение, В	5	10	15	20	25	20	20	20	20	20
Допустимая погрешность, %	±6									

Примечание: установку напряжения по шкале индикатора и его измерение проводить дважды – при подходе к измеряемой величине со стороны больших и меньших значений. За погрешность индикатора напряжения принимают максимальное значение погрешности.

Если полученное значение погрешности не превышает величины допустимой погрешности, указанной в табл. 3.9 для оцениваемой точки, то прибор признается годным.

Определение коэффициента гармоник сигнала на выходе блока генератора

Используемые приборы: измеритель коэффициента гармоник С6-7, селективный вольтметр В6-10.

1. Установить выходное напряжение блока генератора равным 5 В на нагрузке 50 Ом.
2. Подключить к выходу блока генератора измерительный прибор (С6-7 – на частотах 20 Гц – 200 кГц; В6-10 – на частотах 1 МГц – 10 МГц).
3. Включить режим синусоидального сигнала. Установить по шкале блока генератора частоту сигнала в соответствии с табл. 3.10 и измерить коэффициент гармоник.

При использовании селективного вольтметра В6-10 ручку генератора “ОСЛАБЛЕНИЕ dB” установить в положение “20 дБ”, а коэффициент гармоник определить по формуле:

$$K_Г = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2}}{U_1} \cdot 100,\ \%$$

где U_1, U_2, U_3 – величины напряжений 1, 2 и 3 гармоник выходного сигнала, В.

Таблица 3.10. Допустимые значения коэффициента гармоник сигнала на выходе блока генератора

Измерительный прибор	С6-7									В6-10		
Поддиапазон	I		II		III		IV		V	VI		
Частота сигнала, Гц	20	100	100	1000	10^3	10^4	10^4	10^5	$2\cdot10^5$	10^6	$5\cdot10^6$	10^7
Допустимые значения $K_Г$, %	0,5		0,3						0,5 – 1	4		

Определение коэффициента гармоник сигнала на выходе блока усилителя

Используемые приборы. измеритель коэффициента гармоник С6-7, селективный вольтметр В6-10.

1. Подключить усилитель мощности к выходу блока генератора.
2. Подключить к выходу блока усилителя нагрузку 1000±5 Ом и измерительный прибор (С6-7 через делитель “1:10” – на частотах 20 Гц – 200 кГц; В6-10 по схеме, приведенной на рис. 3.13, – на частотах 1 МГц – 10 МГц).

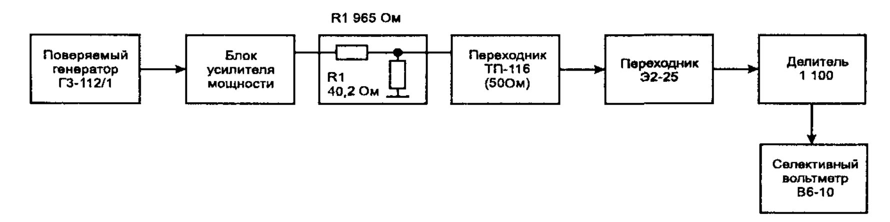


Рис 3.13. Структурная схема установки для измерения коэффициента гармоник на выходе блока усилителя

3. Включить режим синусоидального сигнала. Установить частоту сигнала и выходное напряжение усилителя в соответствии с табл. 3.11 и измерить коэффициент гармоник. При использовании селективного вольтметра В6-10 коэффициент гармоник $K_Г$ определить по формуле, приведенной в предыдущем пункте поверки.

Таблица 3.11. Допустимые значения коэффициента гармоник сигнала на выходе блока усилителя

Измерительный прибор	С6-7									В6-10		
Используемый делитель	1:10									см. рис. 3.13		
Выходное напряжение, В	25									20		
Поддиапазон	I		II		III		IV		V	VI		
Частота сигнала, Гц	20	100	100	1000	10^3	10^4	10^4	10^5	$2\cdot10^5$	10^6	$5\cdot10^6$	10^7
Допустимые значения $K_Г$, %	3									5		

Измерение размаха прямоугольного сигнала на выходе блока генератора

Используемые приборы: осциллограф С1-70.

1. Подключить к выходу генератора нагрузку 50 Ом и осциллограф С1-70.
2. Включить режим прямоугольного сигнала. Установить ручку регулировки выходного сигнала в крайнее правое положение.
3. Измерить размах прямоугольного сигнала, который должен составлять не менее 10 В.
4. Отключить нагрузку от выхода генератора.
5. Измерить размах прямоугольного сигнала, который должен составлять не менее 20 В.

Измерение скважности прямоугольного сигнала

Используемые приборы: электронно-счетный частотомер Ч3-54, осциллограф С1-70.

1. Подключить к выходу генератора нагрузку 50 Ом и измерительный прибор (Ч3-54 в режиме измерения временных интервалов – на частотах 1 и 100 кГц; С1-70 – на частоте 1 МГц).

2. Включить режим прямоугольного сигнала. Установить размах выходного сигнала 10 В.
3. Измерить длительности положительного τ_+ и отрицательного τ_- импульсов.
4. Определить скважность по формуле:

$$Q = \frac{\tau_+ + \tau_-}{\tau_-}.$$

Скважность должна составлять величину 2±0,05 на частотах до 100 кГц и величину 2±0,2 на частотах до 1 МГц

Измерение длительностей фронта и среза прямоугольного сигнала

Используемые приборы: осциллограф С1-70.

1. Подключить к выходу генератора нагрузку 50 Ом и осциллограф С1-70.
2. Включить режим прямоугольного сигнала. Установить частоту выходного сигнала 1000 Гц, а размах сигнала 10 В.
3. Измерить длительности фронта τ_Φ и среза τ_C прямоугольного импульса (рис. 3.14).

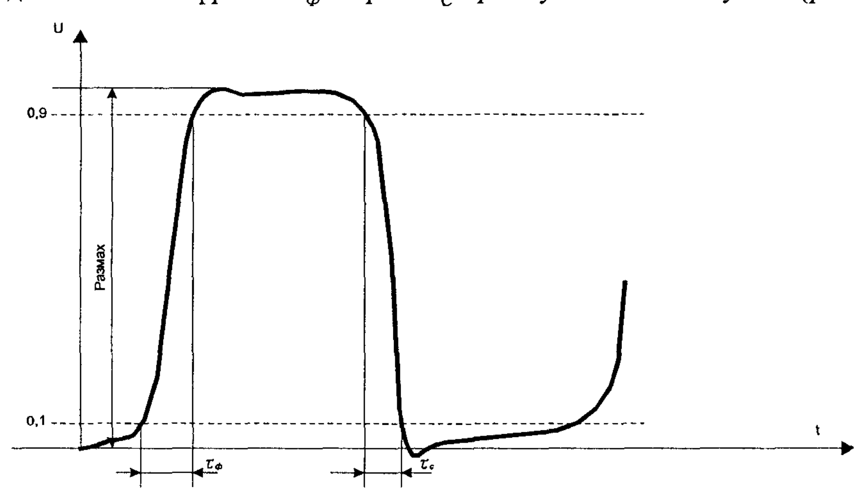


Рис. 3 14. К измерению длительностей фронта и среза прямоугольного импульса

Длительности фронта и среза не должны превышать 50 нс.

3.5. Ремонт прибора

Ниже приводятся характерные неисправности блока генератора и блока усилителя, а также алгоритмы их поиска и устранения.

3.5.1. Неисправности блока генератора

Блок генератора не включается

Возможная причина: перегорели сетевые предохранители F1 или F2.

Алгоритм поиска неисправности:

Проверить омметром исправность предохранителей, при необходимости заменить их.

Возможная причина: неисправен тумблер “СЕТЬ”.

Алгоритм поиска неисправности:

Проверить омметром правильность замыкания контактов тумблера.

На разъеме “ВЫХОД” отсутствует выходной сигнал

Возможная причина: неисправность источника питания ±24 В.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить наличие напряжений питания на следующих контактах соединителя Х4: 1 –напряжение +24 В; 4 – напряжение -24 В.

2. В зависимости от того, какое из указанных напряжений отсутствует, проверить исправность диодов выпрямительных мостов VD12 – VD15 или VD16 – VD19, а также режимы работы транзисторов стабилизаторов в соответствии с табл. 3.12.

Таблица 3.12. Напряжения на выводах транзисторов источника питания блока генератора

Транзистор	Напряжение, В		
	База	Коллектор	Эмиттер
VT5	-(7 – 11,8)	+(3,6 – 14)	-(7,8 – 12,4)
VT6	+(13,7 – 14,9)	-(0,7 – 1,4)	+(14,5 – 15,6)
VT7	-(0,7 – 1,4)	-(7 – 11,8)	-(0,2 – 0,55)
VT8	+(0,1 – 0,6)	-(0,7 – 1,4)	0
VT9	+(1,6 – 2,3)	+(8,6 – 13)	+(1,0 – 1,4)
VT10	-(13,7 – 14,9)	+(1,6 – 2,3)	-(14,5 – 15,5)
VT11	-(0,1 – 0,6)	+(1,6 – 2,3)	0
VT20	-(7,8 – 12,4)	-(0,2 – 0,55)	-(8,6 – 13)
VT21	+(1,0 – 1,4)	+(8,6 – 13)	+(0,2 – 0,55)

3. Если на каком-либо выводе транзистора напряжение значительно отличается от указанного, то следует проверить исправность данного транзистора и элементов, связанных с ним.
4. Если напряжения питания имеются на контактах 1 и 4 соединителя X4, но отличаются от указанных значений, то следует произвести регулировку с помощью переменных резисторов R7 (+24 В) и R16 (-24 В).

Возможная причина: не работает задающий генератор.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить наличие сигнала в точке соединения конденсаторов C28 и C54.
2. Если сигнал отсутствует, то следует убедиться в правильности коммутации частотозадающих RC-элементов в цепи ПОС в соответствии в табл. 3.1.
3. Проверить режимы работы транзисторов принципиальной схемы задающего генератора в соответствии с табл. 3.13.
4. Если на каком-либо выводе транзистора напряжение значительно отличается от указанного, то следует проверить исправность данного транзистора и элементов, связанных с ним.

Таблица 3.13. Напряжения на выводах транзисторов задающего генератора

Транзистор	Напряжение, В			Примечание
	База	Коллектор	Эмиттер	
VT22	0	+12,0	0,5 – 1	
VT23	0	+6,2	-0,6	
VT24	0	+7,5	-0,6	
VT25	+13,4	+1,9	+14,0	
VT26	0	+23,6	-0,6	
VT27	0	+23,0	-0,6	
VT28	+1,9	+13,5	+1,0	
VT29	-1,6*	0	0	*) -4 … +0,5
VT30	+23,0	-1,5*	+23,6	*) -4 … +0,5

Возможная причина: неисправность реле K1, K2 или диодов VD7, VD15.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить исправность цепей подачи напряжений +24 В и -24 В на обмотки реле K1 и K2.
2. Поверить правильность замыкания контактов обоих реле и исправность диодов VD7, VD15.

Возможная причина: неисправность усилителя мощности блока генератора.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить последовательно наличие сигнала в следующих точках: контакт 18 платы 3.506; точка соединения резисторов R125, R126, R128; эмиттер транзистора VT39; коллектор транзистора VT36; база транзистора VT32; контакт 20 платы 3.506.

2. Если сигнала нет только в последней точке, то следует убедиться в исправности плавного регулятора напряжения и целостности его монтажа.
3. При отсутствии сигнала в остальных точках следует проверить режимы работы транзисторов усилителя мощности в соответствии с табл. 3.14.
4. Если на каком-либо выводе транзистора напряжение значительно отличается от указанного, то следует проверить исправность данного транзистора и элементов, связанных с ним.

Таблица 3.14. Напряжения на выводах транзисторов усилителя мощности

Транзистор	Напряжение, В		
	База	Коллектор	Эмиттер
VT31	+8,4	+1,0	+9,0
VT32	+(0,2 – 0,4)	-7,2	+0,9
VT34	+(0,2 – 0,4)	-7,2	+0,9
VT36	-16,3	+3,0	-17,0
VT39	+3	+23,7	+2,8
VT42	+2,7	+23,5	+1,7
VT43	-2,4	-23,5	-1,7
VT46	+2,4	+23,5	+1,7
VT47	-2,4	-23,5	-1,7

Возможная причина: неисправность схемы ступенчатого аттенюатора.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить наличие сигнала на соединительном контакте 18 платы 3.506 и контакте “Вход” ступенчатого аттенюатора.
2. Если сигнал в этих точках имеется, то следует проверить исправность переключателя “ОСЛАБЛЕНИЕ dB” и возможные дефекты монтажа.

Отсутствует генерация на отдельных участках шкалы частот

Возможная причина: замыкание пластин в конденсаторе переменной емкости С18.

Алгоритм поиска неисправности:

Проверить наличие замыканий пластин и устранить неисправность.

Не формируется прямоугольный сигнал, синусоидальный сигнал формируется нормально

Возможная причина: неисправность реле К1, К2 или диодов VD7, VD15.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить исправность переключателя S2 “~/п” и цепей подачи напряжений +24 В и -24 В на обмотки реле К1 и К2.
2. Проверить исправность диодов VD7, VD15 и факт замыкания контактов обоих реле.

Возможная причина: неисправность схемы формирователя прямоугольных импульсов.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Если реле К1 и К2 исправны, то следует проверить режимы работы транзисторов формирователя прямоугольных импульсов в соответствии с табл. 3.15.
2. Если на каком-либо выводе транзистора напряжение значительно отличается от указанного, то следует проверить исправность данного транзистора и элементов, связанных с ним.

Таблица 3.15. Напряжения на выводах транзисторов формирователя прямоугольных импульсов

Транзистор	Напряжение, В			Примечание
	База	Коллектор	Эмиттер	
VT33	0	-2,4	+0,6	
VT35	+0,6	+24,0	0	
VT37	-9,7	-5,3	-10,4	
VT38	-5,0	+0,1*	-5,3	*) -0,4 … +0,2
VT40	0	-5,0	+0,6	
VT41	+8,3	0	+9,0	
VT44	0	-5,0	+0,6	
VT45	-5,0	0	-5,6	

Скважность прямоугольных импульсов не соответствует номинальной

Возможная причина: нарушение установки подстроечного резистора R91.
Алгоритм поиска неисправности:
Отрегулировать скважность прямоугольных импульсов резистором R91.

Синусоидальный сигнал на разъеме "Выход" формируется с отсечкой половины периода

Возможная причина: неисправность транзисторов выходного каскада усилителя мощности.
Алгоритм поиска неисправности:
В зависимости от того, какая половина периода синусоидального сигнала отсутствует (положительная или отрицательная), проверить исправность транзисторов VT42, VT46 (положительная) или VT43, VT47 (отрицательная).

3.5.2. Неисправности блока усилителя

Блок усилителя не включается

Возможная причина: перегорели сетевые предохранители F1 или F2.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить омметром исправность предохранителей, при необходимости заменить их.

Возможная причина: неисправен тумблер "СЕТЬ".
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить омметром правильность замыкания контактов тумблера.

На разъеме "ВЫХОД" блока усилителя отсутствует выходной сигнал

Возможная причина: неисправность источника питания ±60 В.
Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить наличие напряжений питания на следующих контактах платы 3.526: 19, 24 – напряжение +60 В; 21, 22 – напряжение -60 В.
2. В зависимости от того, какое из указанных напряжений отсутствует, проверить исправность диодов выпрямительных мостов VD7 – VD10 или VD11 – VD14, а также режимы работы транзисторов стабилизаторов в соответствии с табл. 3.16.

Таблица 3.16. Напряжения на выводах транзисторов источника питания блока усилителя

Транзистор	Напряжение, В		
	База	Коллектор	Эмиттер
VT1	-(19,5 – 29,5)	-(0,14 – 0,35)	-(19,0 – 29,0)
VT2	+(0,75 – 1,15)	+(19,0 – 29,0)	+(0,14 – 0,35)
VT24	-(20,0 – 30,0)	-(0,14 – 0,35)	-(19,5 – 29,9)
VT25	+(21,0 – 25,0)	-(0,7 – 1,2)	+(22,0 – 26,0)
VT26	-(0,7 – 1,2)	-(19,0 – 29,0)	-(0,14 – 0,35)
VT27	+(1,35 – 1,95)	+(19,0 – 29,0)	+(0,75 – 1,15)
VT28	-(21,0 – 25,0)	+(1,35 – 1,95)	-(22,0 – 26,0)
VT29	-0,15 – +0,15	-(0,7 – 1,2)	0
VT30	-0,15 – +0,15	+(1,35 – 1,95)	0

Возможная причина: неисправность схемы усилителя мощности.
Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить последовательно наличие сигнала в следующих точках: контакт 33 платы 3.526; точка соединения резисторов R30, R31, R36; база транзистора VT4; контакт 35 платы 3.526.
2. Проверить исправность электролитических конденсаторов C3 и C11.
3. Проверить режимы работы транзисторов усилителя мощности в соответствии с табл. 3.17.
4. Если на каком-либо выводе транзистора напряжение значительно отличается от указанного, то следует проверить исправность данного транзистора и элементов, связанных с ним.

Таблица 3.17. Напряжения на выводах транзисторов усилителя мощности

Транзистор	Напряжение, В		
	База	Коллектор	Эмиттер
VT3	+(1,0 – 10,0)	+(53,0 – 56,0)	+(6,3 – 6,7)
VT4	-(46,3 – 51,3)	±0,6	-(47,0 – 52,0)
VT5	+(1,0 – 10,0)	+(53,0 – 56,0)	+(6,3 – 6,7)
VT6	-(46,3 – 53,0)	±0,6	-(47,0 – 54,0)

Синусоидальный сигнал на разъеме “Выход” формируется с отсечкой половины периода

Возможная причина: неисправность транзисторов выходного каскада усилителя мощности.

Алгоритм поиска неисправности:

В зависимости от того, какая половина периода синусоидального сигнала отсутствует (положительная или отрицательная), проверить исправность транзисторов VT3, VT5 (положительная) или VT4, VT6 (отрицательная).

Не работает стрелочный индикатор выходного напряжения

Возможная причина: неисправность микроамперметра.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Подать на вход блока усилителя синусоидальный сигнал различной амплитуды.
2. Проверить вольтметром постоянного тока на клеммах микроамперметра P2 наличие и изменение постоянного напряжения, соответствующего уровню выходного сигнала.
3. Если указанное напряжение имеется, то микроамперметр неисправен.

Большая погрешность показаний стрелочного индикатора

Возможная причина: неисправность схемы выпрямителя.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить исправность диодов VD10, VD11 и конденсаторов C15, C16.
2. Если указанные элементы исправны, то, используя образцовый вольтметр, произвести регулировку индикатора переменным резистором R41.

3.6. Конструкция прибора

Низкочастотный генератор сигналов Г3-112/1 состоит из двух отдельных блоков – собственно генератора и усилителя мощности генератора, которые соединяются друг с другом при необходимости кабелем через разъемы.

Каждый блок выполнен в унифицированном корпусе, состоящем из несущих боковых кронштейнов, передней панели, задней стенки, боковых, верхней и нижней обшивочных стенок. Крепление стенок осуществляется винтами.

На переднюю панель блока генератора выведены ручки конденсатора переменной емкости “ЧАСТОТА”, переключателя поддиапазонов “МНОЖИТЕЛЬ”, плавного регулятора выходного напряжения, ступенчатого аттенюатора “ОСЛАБЛЕНИЕ dB”, тумблер “СЕТЬ”, переключатель вида сигнала, а также разъем внешней синхронизации “СИНХР” и выходной разъем “ВЫХОД”. Для перестройки по частоте используются две ручки, обеспечивающие различные скорости: первая с замедлением 1:4, вторая – 1:1. На задней панели блока генератора расположены держатели предохранителей, тумблер “220V/115V”, сетевой шнур, индикатор времени работы и мощные транзисторы источника питания.

На передней панели блока усилителя имеется тумблер “СЕТЬ”, стрелочный индикатор выходного напряжения и разъемы “ВХОД” и “ВЫХОД”. На заднюю панель выведены держатели предохранителей, тумблер “220V/115V”, сетевой шнур, индикатор времени работы и мощные транзисторы источника питания.

Расположение узлов прибора внутри корпусов показано на рис. 3.15.

В блоке генератора конденсатор переменной емкости, блок частотозадающих RC-цепей и ступенчатый аттенюатор закрыты металлическими экранами, защищающими их от внешних помех и наводок.

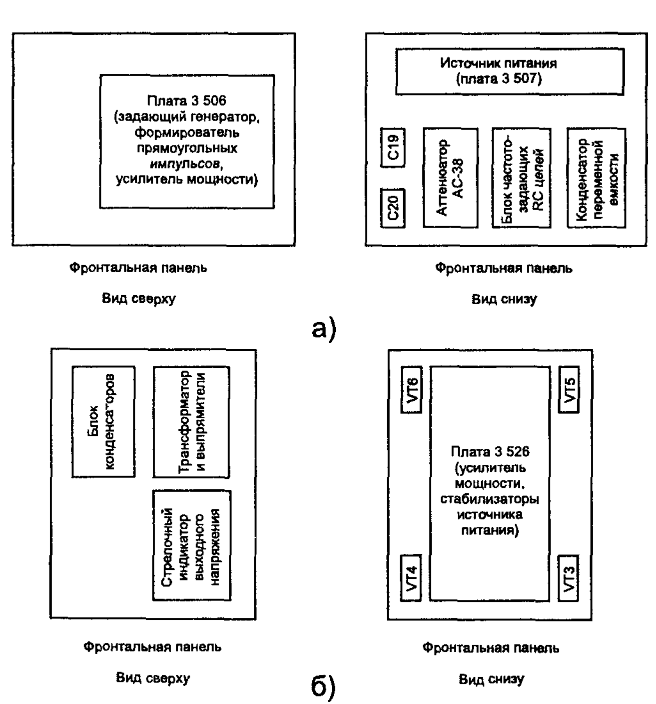


Рис. 3.15. Расположение узлов генератора Г3-112/1 внутри корпусов блок генератора (а), блок усилителя (б)

Печатная плата 3.506, на которой размещены задающий генератор, формирователь прямоугольных импульсов и усилитель мощности, для удобства контроля откидывается вверх в сторону конденсатора переменной емкости. Источник питания блока генератора вместе с мощными регулирующими транзисторами VT20, VT21 смонтирован на задней стенке и снимается вместе с ней. Указанные транзисторы изолированы от корпуса оксидно-бериллиевыми шайбами и снаружи защищены изоляционными крышками для предохранения от механических и электрических повреждений.

Элементы усилителя мощности и стабилизатора источника питания в блоке усилителя размещены на плате 3.526. Мощные транзисторы усилителя установлены на радиаторах вдоль боковых стенок корпуса, а мощные транзисторы источника питания – на задней стенке. Они изолированы от корпуса оксидно-бериллиевыми шайбами и снаружи защищены изоляционными крышками для предохранения от механических и электрических повреждений. Силовой трансформатор и блок электролитических конденсаторов располагаются в задней части корпуса.

Для переноски блоков генератора и усилителя предусмотрены ручки, имеющие два фиксированных положения: рабочее (вниз) и транспортировочное (вперед).

Разборка корпусов блоков генератора и усилителя производится следующим образом:

1. Вывинтить винты крепления транспортировочной ручки и снять ее;
2. Вывинтить винты крепления боковых стенок и снять их;
3. Снять верхнюю и нижнюю крышку.

4. Осциллограф универсальный С1-125

Осциллограф универсальный С1-125 предназначен для одновременного исследования двух электрических сигналов путем визуального наблюдения периодических и однократных сигналов, а также для измерения их амплитудных и временных интервалов на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) в полосе частот от 0 до 10 МГц.

Канал вертикального отклонения обеспечивает следующие режимы работ:

- визуальное наблюдение и измерение электрических сигналов по каналам А и Б;
- суммирование сигналов каналов А и Б;
- поочередную или непрерывную коммутацию каналов А и Б;
- инвертирование полярности сигнала по каналу А;
- задержку изображения сигнала на экране ЭЛТ относительно начала развертки до уровня 0,1 не менее 30 нс.

Канал горизонтального отклонения обеспечивает автоколебательный и ждущий режимы работы и следующие виды синхронизации развертки:

- синхронизацию от канала А;
- синхронизацию от канала Б;
- внешнюю синхронизацию;
- синхронизацию от сети.

4.1. Технические данные

Рабочая часть экрана для каждого луча	
по горизонтали	80 мм
по вертикали	60 мм
Ширина линии сфокусированного луча	
при коэффициенте отклонения 2 мВ/дел	не более 0,8 мм
при коэффициенте отклонения 1В/дел	не более 1,5мм
Минимальна частота развертки	
при коэффициенте развертки 0,1 мкс/дел и включенной растяжке	не более 1 кГц
Диапазон изменения коэффициентов отклонения каналов А и Б	1 мВ/дел – 5 В/дел
Число ступеней установки коэффициентов отклонения	12
Пределы допускаемого значения основной погрешности коэффициентов отклонения в рабочих условиях	±6%
Время нарастания переходной характеристики каналов вертикального отклонения	не более 35 нс
Выброс на переходной характеристике	не более 6%
Время установления переходной характеристики	не более 170 нс
Неравномерность переходной характеристики	
на участке установления	не более 6%
после установления	не более 2%
Спад вершины переходной характеристики за 0,5 мс	
при закрытом входе	не более 5%
Нестабильность положений лучей:	
долговременный дрейф	не более 2 дел/ч
кратковременный дрейф	не более 0,2 дел/мин
смещение лучей из-за изменения входного тока при переключении переключателей	не более 100 мВ
смещение лучей при инвертировании сигнала в канале А	не более 2 дел

Входное активное сопротивление канала вертикального отклонения:	
при непосредственном входе	(1±0,02) МОм
с выносным делителем 1:10	(1±0,02) МОм
Входная емкость канала вертикального отклонения:	
при непосредственном входе	не более 30 пФ
с выносным делителем 1:10	не более (12±2) пФ
Входное активное сопротивление	
канала горизонтального отклонения (входа X)	не менее 0,9 МОм
канала внешней синхронизации развертки	не менее 0,9 МОм
Входная емкость	
канала горизонтального отклонения (входа X)	не более 50 пФ
канала внешней синхронизации развертки	не более 50 пФ
Допускаемое суммарное значение постоянного и переменного напряжений	
при закрытых входах каналов вертикального отклонения	не более 100 В
при открытом входе	не более 90 В
с делителем 1:10	не более 300 В
Коэффициент развязки между каналами вертикального отклонения	
для синусоидального напряжения с частотой до 10 МГц	не менее 2000
Диапазон изменения коэффициента развертки	0,1 мкс/дел –500 мс/дел
Устанавливаемые фиксированные значения коэффициента развертки	соответственно ряду чисел 1, 2, 5
Кратность растяжки	5
Погрешность коэффициента развертки в рабочих условиях	
без растяжки	не более ±6%
с растяжкой	не более ±7,5%

Пределы перемещения лучей по горизонтали обеспечивают установку начала и конца рабочей части линии развертки на середину шкалы экрана ЭЛТ.

Параметры усилителя горизонтального отклонения (УГО):	
минимальный коэффициент отклонения	не более 0,5 В/дел
полоса пропускания УГО	20 Гц – 1 МГц
Параметры сигналов внутренней и внешней синхронизации:	
диапазон частот гармонических сигналов	10 Гц – 10 МГц
длительность импульсных сигналов	0,1мкс – 0,5 с

В автоколебательном режиме синхронизация осуществляется частотой промышленной сети 50 Гц.

Предельные уровни синхронизации:	
минимальный уровень при внутренней синхронизации	не более 0,8 дел
максимальный уровень при внутренней синхронизации	не менее 8 дел
минимальная амплитуда сигнала при внешней синхронизации	не более 0,2 В
максимальная амплитуда сигнала при внешней синхронизации	не более 5 В
нестабильность синхронизации	не более 0,2 деления шкалы
Параметры сигнала калибратора амплитуды и временных интервалов импульсов прямоугольной формы:	
амплитуда импульсов	0,6 В
частота следования	1 кГц
погрешность в рабочих условиях	не более 1,5%
Электрическое сопротивление изоляции цепи питания осциллографа относительно корпуса:	
в нормальных климатических условиях	не менее 20 МОм
при повышенной температуре	не менее 5 МОм
при повышенной влажности воздуха	не менее 2 МОм

Электрическое сопротивление между контактом защитного заземления и металлическими частями корпуса осциллографа	не более 0,5 Ом

Параметры питающих напряжений:

сеть переменного тока с напряжением 220 В (±10%) и частотой (50±1) Гц;
сеть переменного тока с напряжением 220 В (±5%) и частотой (400±10) Гц;
сеть переменного тока с напряжением 115 В (±5%) и частотой (400±10) Гц;
сеть постоянного тока с напряжением 27 В (±10%).

Мощность, потребляемая от сети переменного тока	35 ВА
Ток, потребляемый от источника постоянного тока 27 В	0,8 А
Габаритные размеры	(260×120×360) мм
Масса	не более 4,9 кг

Осциллограф сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, установленных ТУ, по истечению 15 мин после его включения и допускает непрерывную работу в рабочих условиях в течении времени не более 16 час.

Осциллограф сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, установленных ТУ, после замены в нем ЭЛТ.

4.2. Структурная схема

Осциллограф, структурная схема которого приведена на рис. 4.1, содержит следующие основные функциональные узлы.

1. **Канал вертикального отклонения (КВО):**
   - аттенюаторы каналов А и Б;
   - предварительные усилители каналов А и Б;
   - усилитель-коммутатор каналов А и Б;
   - усилитель-коммутатор сигналов синхронизации;
   - линия задержки;
   - выходной усилитель КВО.
2. **Канал горизонтального отклонения (КГО):**
   - схема синхронизации;
   - схема управления;
   - генератор пилообразного напряжения (ГПН);
   - выходной усилитель КГО.
3. **Усилитель Z и схема управления электронно-лучевой трубки (ЭЛТ).**
4. **Устройство управления и калибратор.**
5. **Источник питания.**
6. **ЭЛТ.**

Исследуемый электрический сигнал подается на одно или одновременно на два гнезда (Y1, Y2) канала вертикального отклонения (КВО), предназначенного для усиления или ослабления (при помощи аттенюаторов) электрических сигналов до необходимой величины, обеспечивающей удобное наблюдение и исследование изображения на экране ЭЛТ без искажения формы сигналов.

Усиленные сигналы с выходов предварительных усилителей (ПУ) каналов А и Б поступают на усилитель-коммутатор каналов А и Б, который осуществляет выбор режима работы КВО:

"А" – прохождение сигнала по каналу А;
"Б" – прохождение сигнала по каналу Б;
"А и Б" – прерывистое или поочередное похождение сигналов по каналам А и Б;
"А+Б" – суммирование сигналов каналов А и Б;
" ↕ " – смещение линии луча по вертикали в каналах А и Б.

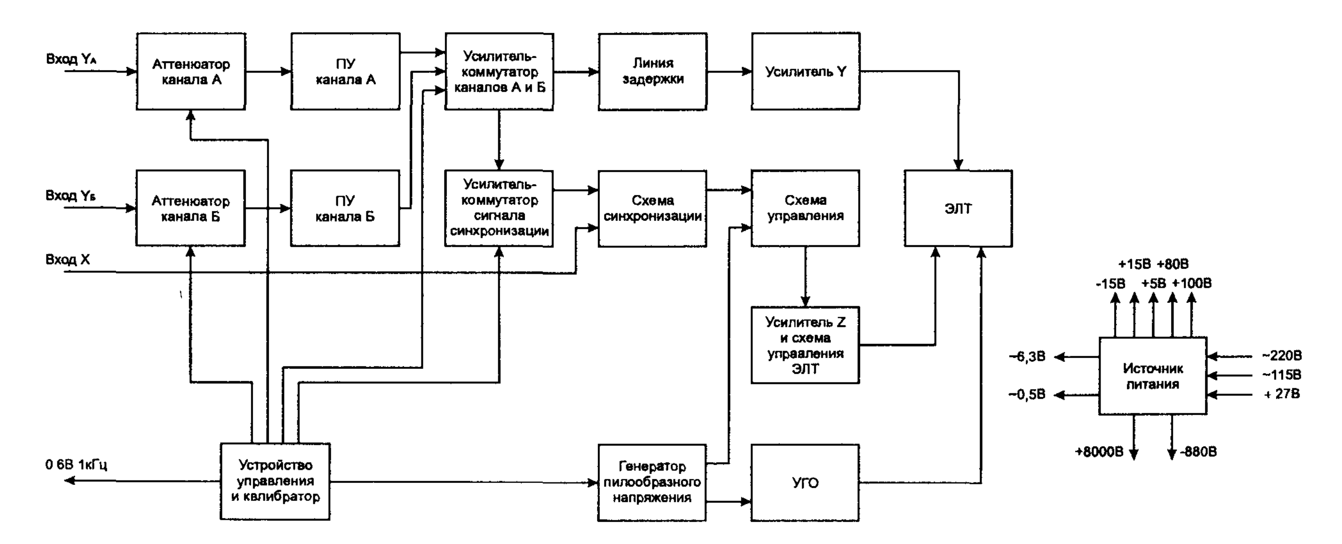


Рис 4 1 Структурная схема осциллографа С1-125

С выхода коммутатора сигналов электрический сигнал поступает на линию задержки, которая осуществляет необходимую задержку исследуемого сигнала для получения возможности исследования переднего фронта сигнала и подачу его на выходной усилитель КВО.

Выходной усилитель КВО осуществляет усиление электрического сигнала до необходимого уровня и подает его на вертикальные отклоняющие пластины ЭЛТ.

С выхода усилителя-коммутатора каналов А и Б итоговый сигнал поступает на усилитель-коммутатор сигнала синхронизации, который осуществляет коммутацию сигналов синхронизации.

С выхода усилителя-коммутатора синхронизации сигнал поступает на вход схемы синхронизации КГО. Схема синхронизации формирует стандартный сигнал с уровнями ТТЛ для логического “0” и логической “1”. Период следования синхросигнала равен периоду следования исследуемого сигнала или внешнего сигнала, подаваемого на вход “X”.

ГПН формирует пилообразное напряжение калиброванной амплитуды и длительности, которое подается на выходной усилитель горизонтального отклонения, обеспечивающий необходимое усиление пилообразного напряжения для отклонения лучей по горизонтали.

Схема синхронизации и ГПН обеспечивают режим работы схемы управления, которая формирует необходимые сигналы управления ЭЛТ во время прямого и обратного хода развертки, а также сигналы управления коммутатором каналов вертикального отклонения.

Усилитель Z и схема управления ЭЛТ предназначены для управления яркостью и подсветом луча ЭЛТ во время прямого хода, гашения обратного хода луча и подачи необходимых электрических потенциалов на электроды ЭЛТ.

Устройство управления и калибратор обеспечивают управление режимами работы КВО, КГО, усилителя Z и схемы управления ЭЛТ. Источник питания обеспечивает схему осциллографа необходимыми напряжениями питания.

4.3. Принципиальная схема

Принципиальные схемы электронных узлов осциллографа С1-125 приведены на рис. 2, 4.3, 4.5 – 4.8

4.3.1. Канал вертикального отклонения

Канал вертикального отклонения (КВО) предназначен для усиления (ослабления) исследуемых электрических сигналов до необходимой величины, обеспечивающей удобное наблюдение и исследование изображения на экране ЭЛТ, ступенчатой регулировки усиления (ослабления), а также инвертирования полярности сигнала в канале А. Схема КВО приведена на рис. 4.2.

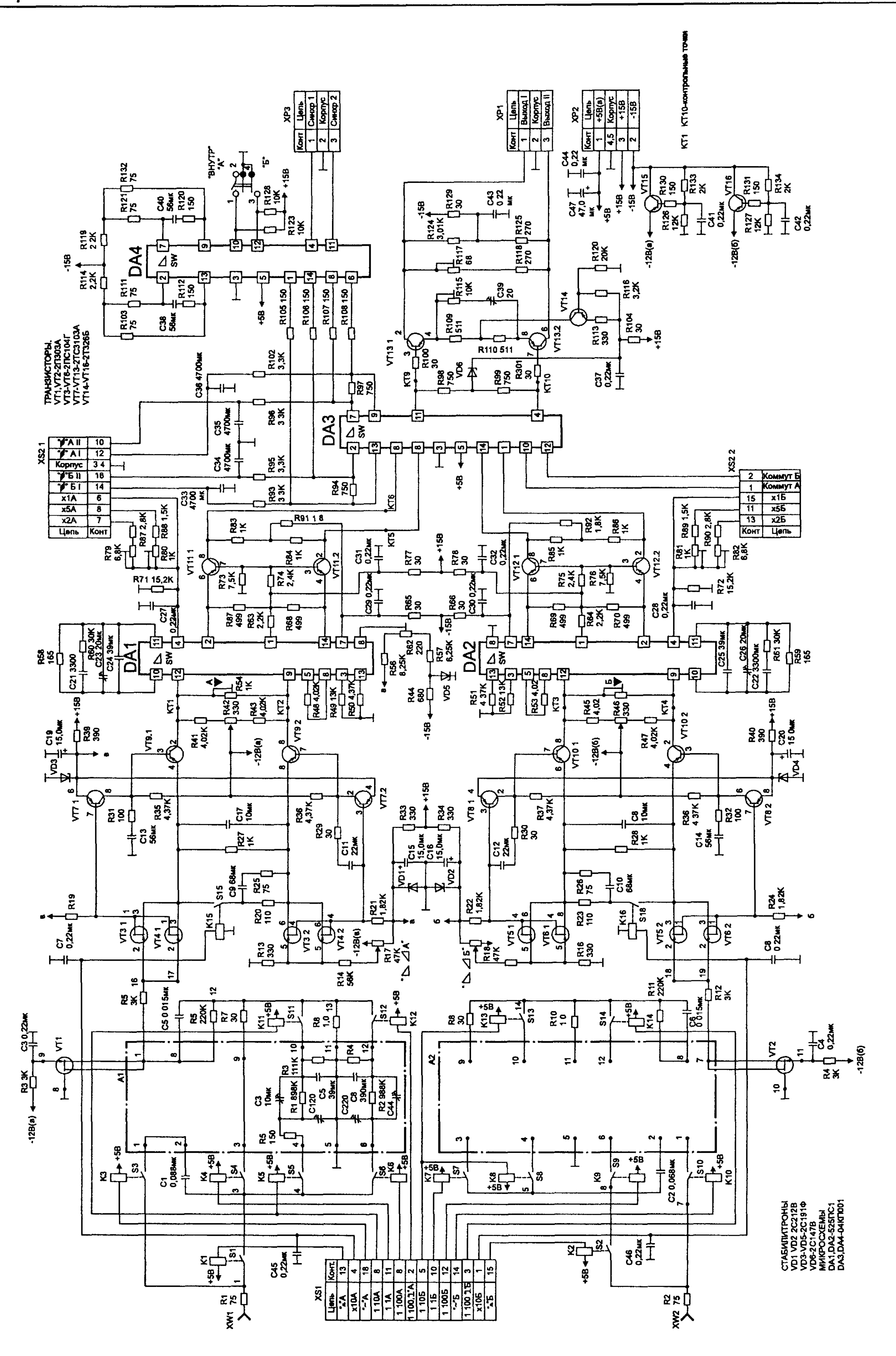


Рис. 4.2 Принципиальная схема канала вертикального отклонения

КВО представляет собой двухканальный балансный усилитель постоянного тока с полосой пропускания 0 – 10 МГц. На входе КВО имеются два идентичных аттенюатора, предназначенные для декадного, ступенчатого ослабления входных электрических сигналов в диапазоне 0 – 60 В и обеспечения высокого входного активного сопротивления, равного 1 МОм. С помощью аттенюаторов можно исследовать электрический сигнал в режимах открытого "≂" и закрытого "~" входа, либо при необходимости заземлять электрические сигналы на корпус "⊥". Коммутация электрических сигналов в указанных режимах производится с помощью магнитоуправляемых контактов реле К3 – К10, которые управляются сигналами устройства управления. Коэффициенты отклонения по каналам А и Б выбираются при помощи переключателей S4 и S5 соответственно, а также ИМС DD1 и DD2.

Режимы "≂", "~", " ⊥ " каналов А и Б выбираются при помощи переключателей S7 и S6 и тех же ИМС. Аттенюаторы представляют собой частотно-компенсированные делители напряжения, включаемые с помощью следующих магнитоуправляемых контактов:

- канал А: S5, S6, S11, S12;
- канал Б: S8, S9, S13, S14.

Резисторы R1, R3 и конденсаторы С3, С5 обеспечивают необходимые коэффициенты затухания 1:10. Резисторы R2, R4, конденсаторы С4, С6 обеспечивают коэффициенты затухания 1:100.

Подстроечные конденсаторы С3 и С4 осуществляют частотную компенсацию аттенюатора, а подстроечные конденсаторы С1 и С2 – подстройку его входной емкости. Частотную компенсацию аттенюаторов производят для получения одинакового коэффициента деления делителей напряжения во всей рабочей полосе частот. Подстройку входной емкости производят для получения одинаковой входной емкости во всех положениях переключателей "V/дел". Учитывая идентичность схем аттенюаторов в каналах А и Б, далее в тексте элементы канала Б будут указываться в скобках.

Магнитоуправляемый контакт S4 (S7) осуществляет прохождение электрического сигнала без ослабления, т.е. с коэффициентом 1:1. Замкнутые магнитоуправляемые контакты S1 (S2) и разомкнутые контакты S3 (S10) обеспечивают режим работы открытого входа. В режиме заземленного входа магнитоуправляемые контакты S1, S3 (S2, S10) разомкнуты, а S12 (S14) замкнуты.

С выходов аттенюаторов электрический сигнал поступает далее на входы предварительных усилителей каналов А и Б. Так как каналы полностью идентичны, то можно рассмотреть работу одного канала, например, канала А.

Предварительный усилитель (ПУ) выполнен по схеме дифференциального усилителя с последовательной отрицательной обратной связью по току на полевых транзисторных сборках VT3, VT4, VT7, VT9. Транзистор VT1 в диодном включении предназначен для защиты ПУ от перегрузок по входу.

Изменение коэффициента передачи ПУ осуществляется с помощью магнитоуправляемого контакта S15 следующим образом:

- при разомкнутом контакте коэффициент передачи равен 1 (K=1);
- при замкнутом контакте коэффициент передачи равен 10 (K=10).

Балансировка ПУ производится при помощи переменного резистора R17.

ПУ усиливает электрические сигналы до необходимого уровня, инвертирует полярность сигнала в канале А и производит ступенчатую регулировку усиления. С выходов 2 и 8 транзисторной сборки VT9 электрический сигнал поступает на входы 9 и 12 ИМС DA1, которая представляет собой аналоговый перемножитель. Балансировку перемножителя по сигнальному входу и калибровку его чувствительности производят при помощи переменных резисторов R42 и R54 соответственно. Инвертирование полярности сигнала в канале А производится путем переключения управляющего напряжения.

Ступенчатое изменение коэффициента усиления ПУ в 2,5 и 5 раз производится путем подачи постоянного напряжения, поступающего от источника опорного напряжения VD1, R14 (устройство управления) через делители напряжения R71, R79, R80, R87 и R88 на вход 4 микросхемы аналогового перемножителя DA1. Переключение коэффициентов усиления производится при помощи переключателя S4.2 (устройство управления).

Коррекция амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) ПУ в области верхних частот производится при помощи подстроечного конденсатора С23. При помощи резисторов R79 и R80 производится калибровка переключаемых коэффициентов усиления.

Каскад, собранный по схеме с общей базой на транзисторной сборке VT11, VT12, усиливает до необходимой величины напряжения, снимаемые с выходов 2 и 14 аналогового перемножителя DA1 и

подает их на входы 6 и 8 усилителя-коммутатора каналов DA3, который представляет собой два дифференциальных каскодных усилителя, работающих на общую нагрузку (резисторы R98 и R99).

Режим работы усилителя-коммутатора определяется логическими уровнями на управляющих входах 10 и 12 микросхемы DA3. Эти уровни формируются в блоке развертки и синхронизации.

Наличие напряжения на выводе 10 микросхемы DA3, соответствующего уровню логического "0", и напряжения на ее входе 12, соответствующего уровню логической "1", соответствует факту прохождения электрического сигнала по каналу А. Противоположные состояния на управляющих входах усилителя-коммутатора соответствуют прохождению электрического сигнала по каналу Б.

Наличие на обоих управляющих входах 10, 12 усилителя-коммутатора DA3 постоянного напряжения, соответствующего уровню логического "0", обеспечивает режим алгебраического суммирования (А+Б) на резисторах R98 и R99.

Смещение лучей в каналах А и Б осуществляется при помощи переменных резисторов R4 и R5, расположенных в устройстве управления, за счет асимметрии режимных токов в плечах усилителя-коммутатора каскадов DA3 (выводы 7, 9, 2, 13).

С выходов 4, 11 усилителя-коммутатора DA3 сигнал поступает на каскад согласования с линией задержки. Каскад согласования выполнен на транзисторах VT13.1 и VT13.2 с генератором тока на транзисторе VT14. Коррекция АЧХ в области средних частот осуществляется при помощи резистора R115 и конденсатора C39. Резистор R117 служит для согласования каскада с линией задержки.

4.3.2. Канал горизонтального отклонения

Канал горизонтального отклонения (рис. 4.3) обеспечивает получение напряжения развертки на экране ЭЛТ, синхронного с исследуемым сигналом.

Электрический сигнал с усилителя вертикального отклонения канала А или Б поступает через вилку разъема XP1 (1, 3) на схему синхронизации. В состав схемы синхронизации входят следующие узлы:

- коммутатор каналов синхронизации (диоды VD1 – VD10 и VD12 – VD15, транзистор VT1);
- входной каскад внешней синхронизации (розетка XW1, делитель напряжения R5, R10, C1, диод VD11, транзисторные сборки VT2 и DA4);
- входной каскад синхронизации от сети (транзисторная сборка DA3);
- усилитель сигнала синхронизации (транзисторная сборка VT3, транзисторы VT6, VT10);
- схема ограничения полосы пропускания канала синхронизации (диоды VD17 – VD20; конденсаторы C6, C7);
- схема управления уровнем запуска (транзисторная сборка DA5);
- синхронизатор (микросхема DA8);
- схема переключения полярности синхронизации (микросхема DA2.1).

Эпюры напряжений в контрольных точках схемы приведены на рис. 4.4. Они изображены для случая, когда на вход "1 МОм 30 pF" канала А подан сигнал "⎍" от калибратора.

Входной каскад внешней синхронизации выполнен на транзисторной сборке VT2 с применением полевых транзисторов. Это необходимо для обеспечения совместно с частотно-компенсированным делителем напряжения (резисторы R5, R10 и конденсатор C1) высокого входного сопротивления по входу X. Диод VD1 обеспечивает защиту входного каскада от перегрузки. С выхода входного каскада внешней синхронизации VT2 (4) сигнал поступает на вход парафазного дифференциального усилителя, который сдвигает уровень входного сигнала в область положительного значения напряжения (+0,6В), что требуется для обеспечения нормальной работы коммутатора каналов синхронизации.

Коммутатор каналов синхронизации выполнен по схеме диодного коммутатора. Диоды VD3 – VD6 открывают либо закрывают канал внутренней синхронизации. Диоды VD7, VD10, VD13 и VD15 открывают либо закрывают канал внешней синхронизации. Диоды VD8, VD9, VD12 и VD14 открывают либо закрывают канал синхронизации от сети.

При наличии высокого уровня напряжения в точках соединения диодов (VD10 и VD13, VD3 и VD4, VD9 и VD12) соответствующий канал закрыт для прохождения сигнала синхронизации, а при наличии низкого уровня напряжения в этих точках – открыт. Транзистор VT1 и диоды VD1 и VD2 обеспечивают выполнение логической функции "И". Это означает, что когда диоды VD10, VD13 канала внешней

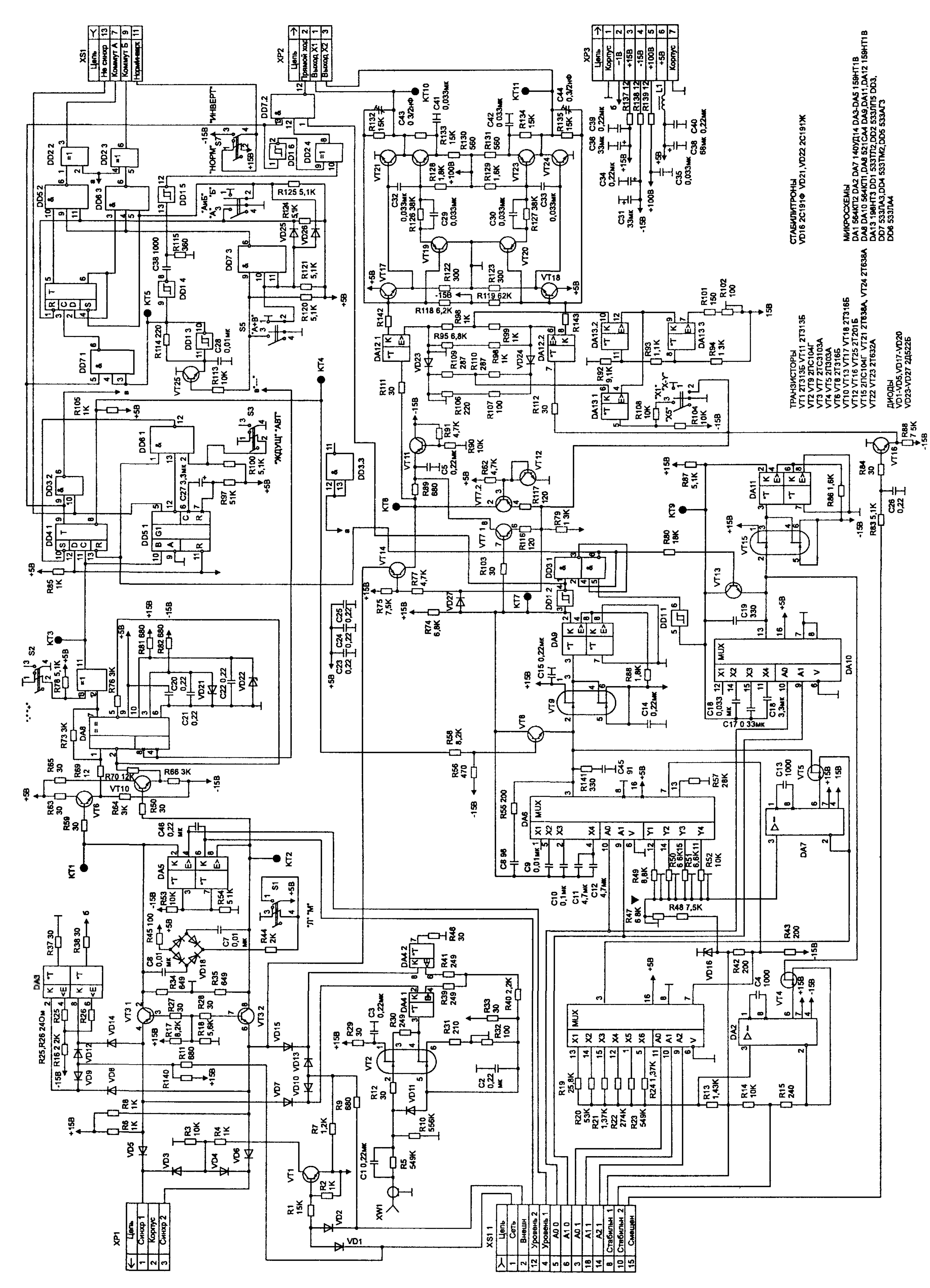


Рис. 4.3. Принципиальная схема канала горизонтального отклонения

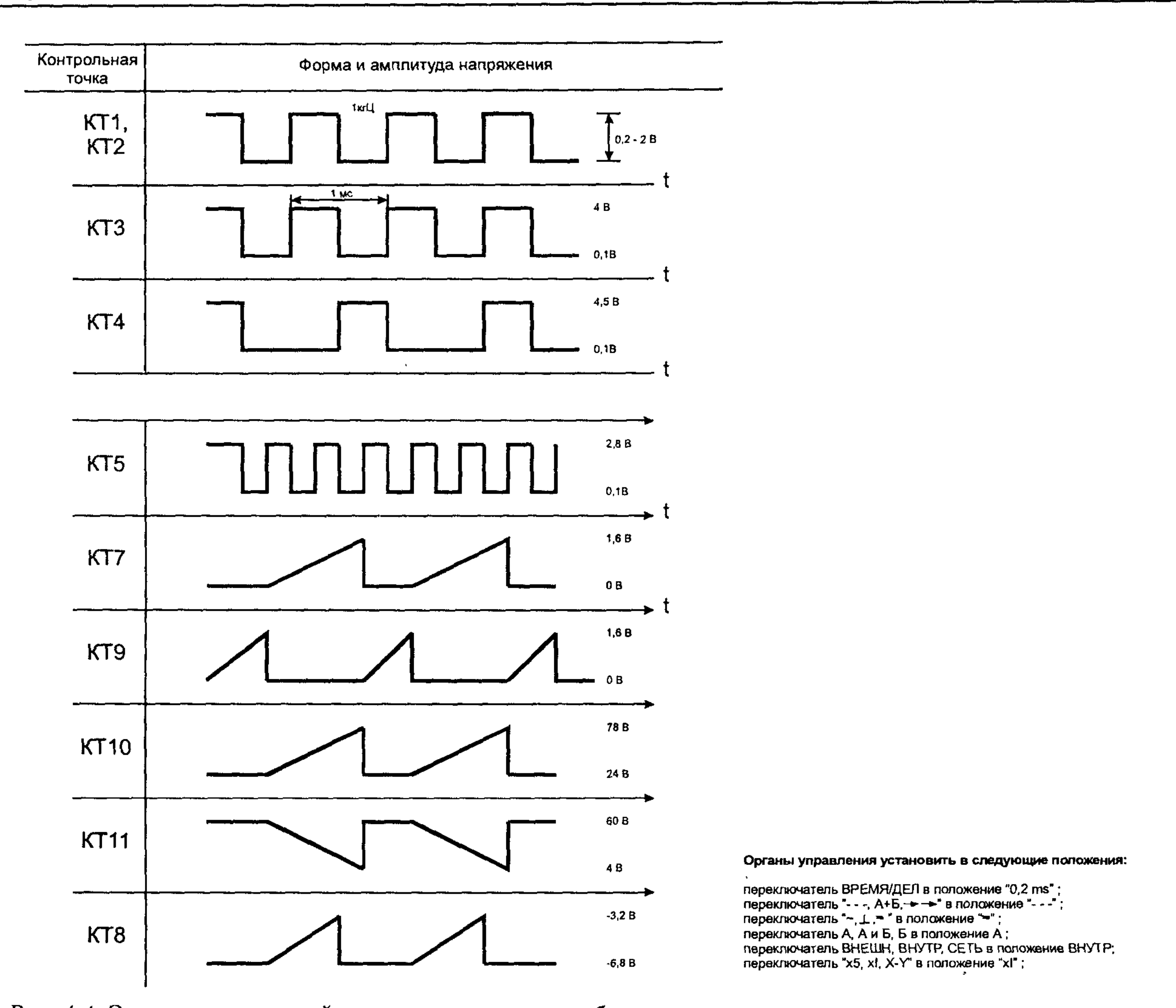


Рис. 4.4. Эпюры напряжений в контрольных точках блока развертки и синхронизации

синхронизации и диоды VD9, VD12 канала синхронизации от сети открыты, диоды VD3 и VD4 канала внутренней синхронизации закрыты и обеспечивают тем самым прохождение сигнала по каналу внутренней синхронизации через диоды VD5 и VD6 на вход усилителя синхронизации.

Усилитель синхронизации выполнен на транзисторной сборке VT3 по схеме с общей базой и предназначен для усиления сигналов синхронизации (в зависимости от того, какой канал открыт), смещая их уровни в область положительного значения напряжения (+0,6В).

С выхода усилителя синхронизации сигнал поступает на вход схемы ограничения полосы пропускания канала синхронизации, которая выполнена на диодах VD17 – VD20 и конденсаторах С6 и С7. С их помощью происходит шунтирование входов эмиттерных повторителей (транзисторы VT6 и VT10) по переменному току, что обеспечивает ограничение полосы пропускания. При установке переключателя S1 в положение "п" резистор R44 "заземляется" и, следовательно, диодный мост открывается. При установке переключателя S1 в положение "м" на резистор R44 подается положительное напряжение +5В, которое закрывает диодный мост, и сигнал синхронизации поступает на вход компаратора (микросхема DA8).

Схема управления уровнем запуска выполнена на транзисторной сборке DA5 по схеме парафазного усилителя постоянного тока. Между эмиттерами транзисторов сборки DA5 включен переменный резистор "УРОВЕНЬ", выведенный на лицевую панель осциллографа. Он установлен на плате устройства управления и подключен через контакты 4, 12 розетки XS1. При вращении переменного резистора "УРОВЕНЬ" происходит "перекос" плечей парафазного усилителя по постоянному току. Тем самым регулируется уровень запуска синхронизатора, выполненного на микросхеме DA8. Синхронизатор формирует из поступающего на его вход исследуемого сигнала стандартный сигнал ТТЛ-уровня с таким же периодом повторения, как и в исследуемом сигнале.

Схема переключения полярности синхронизации выполнена на микросхеме DD2.1 (функциональный элемент исключающее "ИЛИ"). Она осуществляет выбор точки синхронизации по фронту либо по спаду сигнала синхронизации. При подаче на вход 13 микросхемы DD2.1 напряжения, соответствующего уровню логического "0", этот элемент передает на выход 11 сигнал без изменения, а при подаче на вход 13 микросхемы напряжения, соответствующего уровню логической "1", инвертирует его.

Схема управления обеспечивает выполнение следующих функций:

- формирование импульсов прямого и обратного хода;
- формирование сигналов управления коммутатором каналов вертикального отклонения;
- определение наличия сигналов на выходе компаратора синхроимпульсов;
- блокировка компаратора синхроимпульсов на время прямого хода.

Она включает в себя триггер управления (микросхема DD4.1), триггер блокировки (микросхема DD3.1), одновибратор ждущей развертки (микросхема DD5.1), генератор прерывистого переключения каналов (микросхемы DD1.3, DD1.4, DD7.3), схему формирования сигнала гашения луча (микросхемы DD1.6, DD2.4, DD7.2).

С выхода 11 схемы переключения полярности DD2.1 прямоугольные импульсы с периодом повторения, равным периоду исследуемого сигнала, поступают на динамический вход "С" триггера управления, выполненного на синхронном D-триггере (микросхема DD4.1).

Во время обратного хода развертки триггер управления DD4.1 заблокирован, так как на его вход "R" от триггера блокировки DD3.1 (вывод 5) поступает напряжение логического "0". При этом на прямом выходе 3 триггера управления DD4.1 устанавливается напряжение логического "0", а на инверсном выходе – напряжение логической "1", которое закрывает разрядный ключ ГПН (VT8). В это время на горизонтально отклоняющие пластины ЭЛТ импульсы прямого хода развертки не подаются. По окончании обратного хода развертки от триггера блокировки DD3.1 на вход "R" триггера управления подается напряжение логической "1", отменяющее блокировку триггера управления. Первый положительный перепад синхроимпульса, поступающий на динамический вход "С", опрокидывает триггер управления и на его прямом выходе устанавливается напряжение логической "1", а на инверсном – напряжение логического "0", которое открывает разрядный ключ (VT8). Это означает, что начинается прямой ход развертки. При этом на выходе выходного усилителя КГО появляется пилообразное напряжение, которое через соединитель ХР2 (1, 3) подается на горизонтально отклоняющие пластины ЭЛТ. Триггер блокировки выполнен на микросхеме DD3.1 (асинхронный RS-триггер) и переключается по окончанию прямого хода развертки и окончанию блокировки триггера управления.

Управление режимами работы осциллографа "ждущий" или "автоколебательный" осуществляет одновибратор ждущей развертки – микросхема DD5.1. При наличии синхроимпульсов на входе одновибратора осуществляется ждущий режим развертки, а при их отсутствии – автоколебательный. Схема имеет возможность принудительного перевода осциллографа в ждущий режим с помощью переключателя S3 ("АВТОМАТ"/"ЖДУЩИЙ"), расположенного на лицевой панели осциллографа. Одновибратор (DD5.1) имеет возможность перезапуска, что осуществляется при помощи микросхемы DD6.1. При поступлении синхроимпульсов на вход 10 ("В") микросхемы DD5.1 на выходе одновибратора устанавливается уровень логической "1", который удерживается до тех пор, пока не возникнет ситуация, при которой на входе "В" в течение 50 мс будут отсутствовать синхроимпульсы. В противном случае на выходе одновибратора установится уровень логического "0", который переведет ГПН в автоколебательный режим работы. При этом на выходе 8 микросхемы DD3.2 установится уровень логического "0", который разблокирует синхронизатор (компаратор), выполненный на микросхеме DA8, на время прямого хода развертки.

Генератор прерывистого переключателя каналов, выполненный на микросхемах DD1.3, DD1.4 и DD7.3, генерирует прямоугольные импульсы с частотой 200 кГц и скважностью 2. Они поступают с выхода триггера Шмитта (микросхема DD1.3) на вход микросхемы DD7.1 (элемент "2И-НЕ"), которая открывается только в том случае, если переключатель S5 ("—-", "А+Б", "→ →") находится в положении "—-".

Управление усилителем-коммутатором КВО осуществляется схемой управления КГО. В положениях "А" и "Б" переключателя S6 на выходах микросхем DD2.2 (3) и DD2.3 (6) имеются постоянные уровни, один из которых соответствует открытому каналу (уровень логического "0"), а другой – закры-

тому (уровень логической “1”). В положении “А и Б” переключателя S6 на выходах микросхемы имеются противофазные импульсы с частотой, равной частоте развертки.

В положении переключателя S5 “→ →” либо “—-” на выходе схемы имеются импульсы с частотой, равной частоте генератора прерывистого переключения каналов. В положении переключателя S5, соответствующего режиму работы “А+Б”, на обоих выходах схемы имеется сигнал с уровнем логического ″0″, открывающий канал.

Схема формирования гашения луча (DD1.6, DD2.4, DD7.2) формирует сигнал, управляющий каналом “Z”. Этот сигнал соответствует сигналу обратного хода развертки во всех режимах, кроме прерывистого переключения каналов. В режиме прерывистого переключения каналов к сигналу обратного хода развертки добавляется сигнал с выхода одновибратора (DD1.5), который гасит переходные процессы при переключении коммутатора “Y” с канала на канал.

Генератор пилообразного напряжения (ГПН) предназначен для формирования пилообразного напряжения калиброванной амплитуды и длительности, обеспечивающего наблюдение исследуемого сигнала на экране ЭЛТ.

В состав ГПН входят следующие узлы:

- устройство задания тока заряда (микросхема DA7, 1/2 микросхемы DA6 (Y1 – Y4), резисторы R47 – R52, стабилитрон VD16, микросхема DA1, резисторы R19 – R24, микросхема DA2, транзистор VT4);
- формирователь пилообразного напряжения (разрядный ключ VT8, транзисторные сборки VT9, DA9, 1/2 микросхемы DA6 (X1 – X3), конденсаторы C8 – C12, микросхема DD1.2);
- формирователь пилообразного напряжения блокировки (микросхемы DA10, DD1.1, транзистор VT13, транзисторные сборки VT15, DA11).

Устройство задания тока заряда выполнено на микросхеме DA7 и полевом транзисторе VT5 по схеме “генератора стабильного тока”. Оно обеспечивает подачу калиброванного тока на формирователи пилообразного напряжения развертки и блокировки. На неинвертирующем и инвертирующем входах микросхемы DA7 (2, 3) поддерживается фиксированное значение напряжения: на неинвертирующем – при помощи стабилитрона VD16, резисторов R47 – R52, на инвертирующем – за счет обратной связи через транзистор VT5.

Резистор R47 предназначен для общей калибровки тока заряда по каждому поддиапазону отдельно.

Резистором R49 производится калибровка тока в диапазоне длительностей от 0,1 до 5 мкс, резистором R50 – в диапазоне длительностей от 10 до 500 мкс, резистором R51 – в диапазоне длительностей от 0,1 до 5 мс, резистором R52 – в диапазоне длительностей от 10 до 500 мс. Ток стока транзистора VT5 задается времязадающими резисторами R19 – R24, которые переключаются КМОП-коммутатором, выполненным на микросхеме DA1. Этим же током заряжаются конденсаторы C8 – C12. Каскад, выполненный на микросхеме DA2 и транзисторе VT4, является генератором тока и осуществляет заряд блокировочных конденсаторов C16 – C18.

При помощи резистора “СТАБИЛЬН.”, который выведен на переднюю панель осциллографа, можно изменять коэффициент пропорциональности. Вследствие этого скважность выходного сигнала ГПН остается постоянной во всем диапазоне разверток при работе в автоматическом режиме. Формирователь пилообразного напряжения выполнен по схеме генератора Миллера и предназначен для формирования напряжения, синхронного с исследуемым сигналом. На транзисторной сборке DA9 (выводы 2, 3, 4) собран усилитель интегратора, нагрузкой которого является резистор R74. Второй транзистор сборки DA9 (выводы 6, 7, 8) задает начальное смещение, равное 0 В. Транзисторная сборка VT9 включена по схеме истокового повторителя и осуществляет согласование входного и выходного сопротивлений усилителя интегратора (DA9) и микросхемы DA6 (X1 – X3). В цепи отрицательной обратной связи включены времязадающие конденсаторы C8 – C12. Конденсаторы C9 – C12 подключаются при помощи КМОП-коммутатора, выполненного на микросхеме DA6. Конденсатор C8 подключен постоянно. Для повышения линейности в начале прямого хода развертки служит цепь, состоящая из резистора R141 и конденсатора C45. Амплитуда пилообразного напряжения развертки определяется режимом работы триггера Шмитта, выполненного на микросхеме DD1.2. Разрядный ключ ГПН выполнен на транзисторе VT8 и управляется триггером управления DD4.1 (вывод 8).

Формирователь пилообразного напряжения блокировки выполнен аналогично схеме основного формирователя пилообразного напряжения. Он предназначен для задания времени блокировки тригге-

ра управления DD4.1 во время обратного хода развертки. Усилительный каскад, собранный на транзисторной сборке VT7 и транзисторе VT12, обеспечивает начальное смещение транзисторной сборки DA12.1. Начальное смещение транзисторной сборки DA12.2 осуществляется эмиттерным повторителем, собранным на транзисторе VT16, путем регулировки отрицательного напряжения на его базе при помощи потенциометра "↔", выведенного на переднюю панель осциллографа.

Усилитель горизонтального отклонения (УГО) предназначен для усиления пилообразного напряжения до величины, необходимой для нормальной работы ЭЛТ. Входной каскад усилителя УГО выполнен по дифференциальной схеме на транзисторной сборке DA12. В режиме "×1" ток эмиттеров DA12.1 и DA12.2 определяются резисторами R95, R96, R98 и R99, а в режиме "×5" – резисторами R106, R107, R109 и R110. В режиме "X-Y" используются те же резисторы, что в режиме "×1". Коммутация резисторов осуществляется при помощи микросхемы DA13 и диодов VD23, VD24, а также переключателя S4 ("V/дел"), расположенного на плате устройства управления и выведенного на переднюю панель осциллографа.

В режиме работы "×1" калибровка усиления осуществляется при помощи подстроечного резистора R95, а в режиме работы "×5" – при помощи подстроечного резистора R106. Эмиттерные повторители, собранные на транзисторах VT17, VT18 и VT19, VT20, служат для согласования входного дифференциального усилителя DA12 с выходным каскадом, собранным на транзисторах VT21, VT22 и VT23, VT24, включенных по схеме с общим эмиттером.

Выходной каскад охвачен глубокой отрицательной обратной связью, осуществляемой при помощи резисторов R132, R134 и подстроечных конденсаторов C43 и C44. Каскад на транзисторе VT14 предназначен для передачи на вход УГО сигнала синхронизации в режиме "X-Y". При установке переключателя S4 в положение "X-Y" транзистор VT7 закрывается, закрывается также и транзистор VT3, сигнал синхронизации через открытый транзистор VT14 поступает на вход УГО (DA12.1).

4.3.3. Усилитель Z и схема управления ЭЛТ

Усилитель Z и схема управления ЭЛТ, принципиальная схема которых приведена на рис. 4.5, осуществляют управление яркостью и подсветом луча ЭЛТ во время прямого хода развертки, гашения обратного хода развертки и подачи необходимых напряжений на электроды ЭЛТ.

В состав усилителя подсвета входят следующие узлы:

- усилитель, собранный на микросхеме DA4 и транзисторах VT9 – VT11;
- модулятор на транзисторе VT12;
- демодулятор, выполненный на диодах VD3, VD4, резисторе R53 и конденсаторе C22.

Усилитель подсвета предназначен для формирования импульсов подсвета прямого хода развертки. Прямоугольные импульсы с длительностью, равной длительности прямого хода развертки, поступают через резисторы R70 и R30 на вход микросхемы DA4.1 (каскад с общей базой), усиливаются и с выхода 2 микросхемы DA4.1 поступают на вход эмиттерных повторителей, выполненных на микросхеме DA4.2 и транзисторе VT9. Эмиттерные повторители осуществляют согласование выходного сопротивления микросхемы DA4.1 с входным сопротивлением усилителя, реализованного на транзисторах VT10 и VT11 по каскодной схеме с динамической нагрузкой и параллельной обратной связью. Указанная обратная связь позволяет повысить линейность усилителя. С выхода этого усилителя сигнал поступает через интегрирующую цепь R42, R43, C18 на вход модулятора (VT12).

Высокочастотный импульсный генератор собран на транзисторах VT12, VT13. Его сигнал модулируется низкочастотными импульсами подсвета. Этот сигнал одновременно с немодулированными импульсами подсвета подается с коллектора VT10 через конденсатор C20 на демодулятор (VD3, VD4, R53, C22). Кроме того, немодулированные импульсы подсвета через конденсатор C21 подаются непосредственно на модулятор ЭЛТ. После демодуляции высокочастотного сигнала выделяется низкочастотная огибающая, которая смешивается с немодулированными импульсами подсвета и также поступают через контакт 4 соединителя XS4 на модулятор ЭЛТ.

В осциллографе C1-125 в качестве индикатора используется ЭЛТ 11Л09И. Переменное напряжение накала 6,3 В поступает на ЭЛТ через вилку XP3 (2, 3) и розетку XS5.1 (1, 14). Режимы работы ЭЛТ

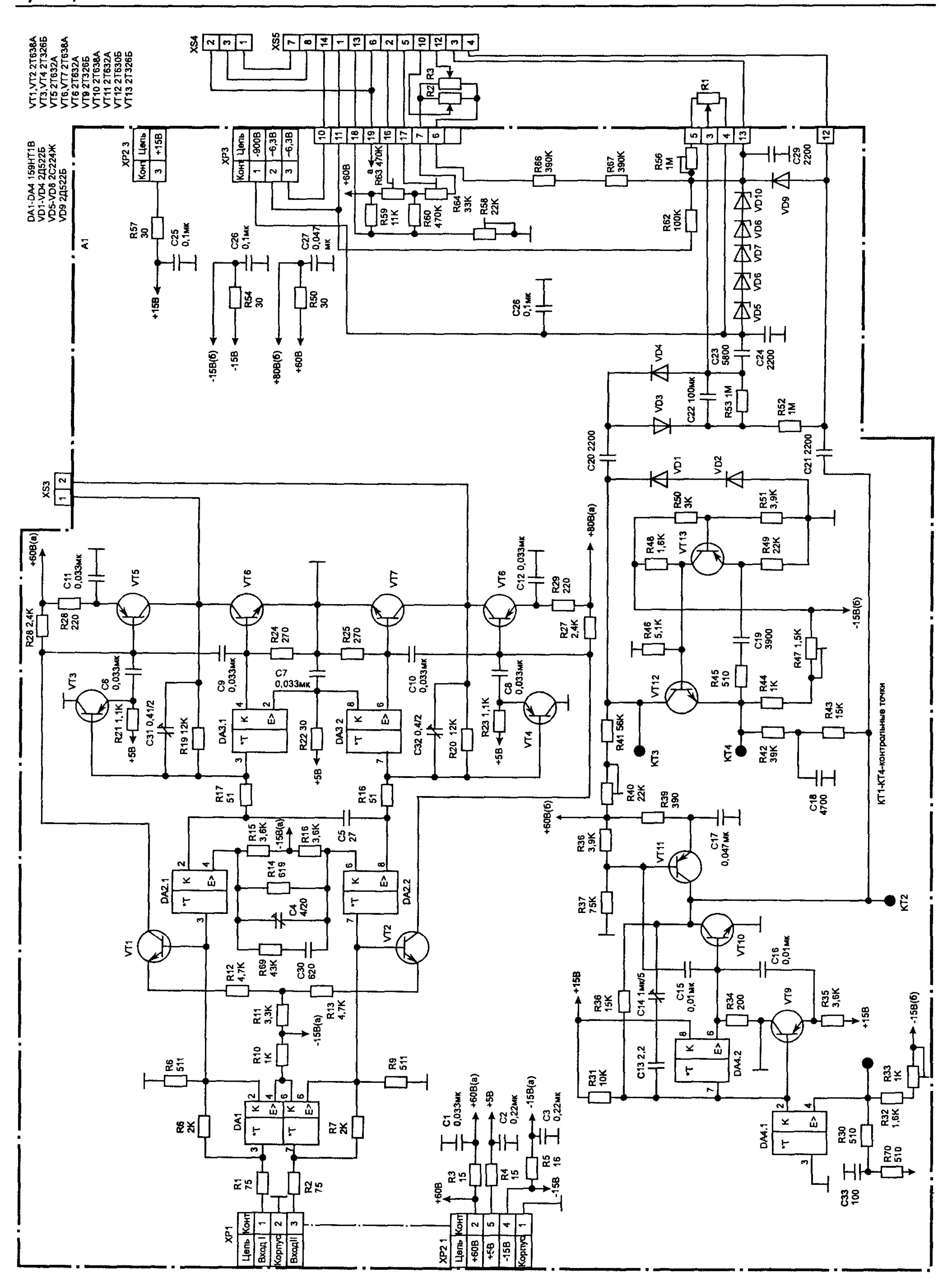


Рис. 4.5. Принципиальная схема усилителя Z и схема управления ЭЛТ

определяются делителем напряжения, выполненным на резисторах R56, R58 – R60, R63, R64, R66, R67 и резисторами R1 и R3, выведенными на переднюю панель осциллографа. С помощью переменных резисторов R2 и R3 осуществляют регулировку фокусировки и астигматизма лучей. Регулировку яркости осуществляют при помощи переменного резистора R1, а резистором R63 устраняют геометрические искажения.

Резисторами R56 и R58 устанавливают соответственно начальную яркость и средний потенциал на ускоряющем электроде ЭЛТ. Резистор R64 предназначен для установки необходимого постоянного напряжения на четвертом аноде ЭЛТ. Стабилитроны VD5 – VD10 стабилизируют напряжение катода ЭЛТ относительно модулятора, а диод VD9 защищает цепь "катод-модулятор" от перегрузок по входному напряжению. Резистор R62 осуществляет выравнивание потенциалов между катодом и нитью накала ЭЛТ. Корректирующие катушки L1 –L3, токи которых регулируются с помощью подстроечных резисторов R17 и R18 (расположены на плате устройства управления), предназначены для совмещения линии развертки и вертикальных линий с сеткой экрана ЭЛТ. Высокие напряжения +8000В и -880В поступают на ЭЛТ с преобразователя и выпрямителя.

4.3.4. Устройство управления

Устройство управления (рис. 4.6) формирует сигналы управления режимами работы осциллографа и осуществляет их подачу в каналы вертикального (КВО) и горизонтального (КГО) отклонения.

В состав устройства управления входят следующие узлы:

- схема управления режимами КВО;
- схема управления режимами работы КГО;
- схема регулировки ортогональности ЭЛТ;
- схема калибратора.

Схема управления режимами КВО осуществляет несколько функций:

- формирует стандартный сигнал с ТТЛ-уровнями, управляющий (с помощью переключателей S4 и S5) коммутацией коэффициентов отклонения каналов А и Б с шагом 1, 2, 5;
- обеспечивает подачу напряжения смещения по вертикали для сигналов каналов А и Б (резисторы R4, R5);
- обеспечивает управление режимами работы каналов А и Б при открытом "≂", закрытом "~" и заземленном "⊥" входах (тумблеры S7, S6, микросхемы DD1.2 и DD2).

Схема управления режимами работы КГО осуществляет следующие функции:

- формирование стандартного сигнала с уровнями ТТЛ, управляющего переключением коэффициентов развертки с шагом 1, 2, 5 в диапазонах от 0,1 мкс до 500 мкс и от 0,1 мс до 500мс, а также их индикацию;
- обеспечивает подачу напряжения смещения по горизонтали;
- обеспечивает управление режимами работы коммутатора синхронизации, а также управление уровнем запуска и индикации при отсутствия синхронизации.

Коммутация коэффициентов отклонения осуществляется переключателем S1 ("Время/дел") и тумблером S3 ("µs/ms"), положение которого индицируется при помощи светодиодов VD2 или VD3 соответственно. Смещение сигнала по горизонтали осуществляется при помощи переменного резистора R2 "↔", который подключен к источнику –15 В. Управление режимами работы коммутатора схемы синхронизации осуществляется при помощи тумблера S2 ("ВНУТР"/"ВНЕШ"/"СЕТЬ"). Управление уровнем запуска осуществляется переменным резистором R3 ("УРОВ"), и R1 ("СТАБ") для сигналов с высокой частотой.

Индикация состояния схемы при отсутствии синхронизации осуществляется при помощи светодиода VD1 ("НЕСИНХР"). При этом от блока развертки через элементы микросхемы DA1.1 и резистор R7 поступает сигнал логического "0". Управление ортогональностью, а также совмещение линии развертки и вертикальных линий с масштабной сеткой, нанесенной на экране ЭЛТ, осуществляется при помощи подстроечных резисторов R17 и R18, подключенных к источникам питания +15 В и –15 В. Подвижные контакты этих резисторов через разъем XP5 соединены с корректирующими катушками L1 – L3.

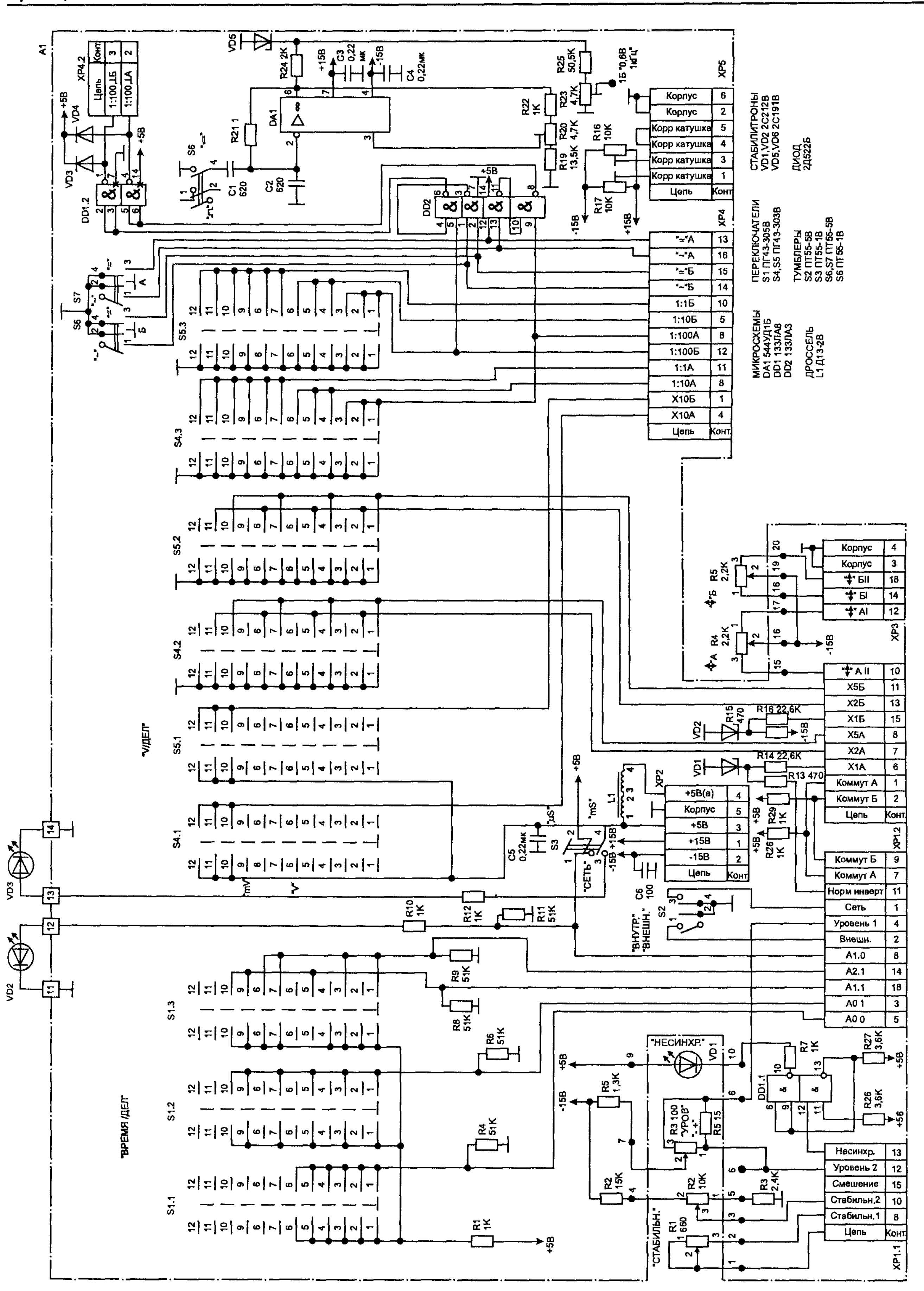


Рис. 4.6. Принципиальная схема устройства управления

Схема калибратора обеспечивает калибровку КВО и КГО и компенсацию внешнего делителя напряжения. Калибратор представляет собой генератор прямоугольных импульсов с частотой следования 1 кГц и амплитудой 0,6 В.

Генератор прямоугольных импульсов выполнен на микросхеме DA1, охваченной положительной обратной связью через резистор R21 и времязадающий конденсатор С2. Регулировка частоты генератора осуществляется при помощи подстроечного резистора R20. Уровень выходного напряжения генератора стабилизируется стабилитроном VD5, ограничивается резистором R25 и регулируется с помощью подстроечного резистора R23. Напряжение генератора подается на выходное гнездо "0,6В 1 кГц". При помощи тумблера S8 (положение "—") можно уменьшить частоту прямоугольных импульсов в пределах (0,7±0,2) кГц путем подключения к времязадающему конденсатору С2 дополнительного конденсатора С1.

4.3.5. Блок вторичного электропитания

Блок вторичного электропитания обеспечивает питание блоков и узлов осциллографа необходимыми стабилизированными напряжениями переменного и постоянного тока. Принципиальные схемы его узлов приведены на рис.4.7 и 4.8.

Блок вторичного электропитания состоит из следующих узлов:

- преобразователя;
- преобразователя и выпрямителя;
- силового трансформатора 4.700.416.

Намоточные данные силового трансформатора приведены в табл. 4.1.

Таблица 4 1. Намоточные данные трансформатора 4.700.416 (провод ПЭТВ-2)

Номер обмотки	Номер вывода	Напряжение, В			Ток в режиме нагрузки, А, не более	Диаметр провода, мм	Кол-во витков	Примечание
		холостого хода	под нагрузкой					
			50Гц	400Гц				
I	1—2	110	—	—	—	0,28	1005	Ток холостого хода ие более 0,055А
	4—5	110	—	—	—	0,28	1005	
	1—5	220	220	200	0,175	—	—	
II	16—18	29,6	23,1	22,85	1,25	0,63	246	—

Преобразователь обеспечивает стабилизацию напряжения и состоит из импульсного стабилизатора и преобразователя. Принципиальная схема преобразователя приведена на рис. 4.7. Переменное напряжение, снимаемое со вторичной обмотки силового трансформатора, через вилку XP1.1 (1, 2, 3, 4) подается на диоды VD1 – VD4 и после выпрямления фильтруется конденсаторами С3, С6 – С8 и дросселем L1. Импульсный стабилизатор работает по принципу компенсационного стабилизатора напряжения. Регулирующий элемент выполнен на транзисторе VT7, а согласующий – на составном транзисторе VT6. Усилитель постоянного тока выполнен на микросхеме DA1. Делитель цепи отрицательной обратной связи состоит из резисторов R28– R31. Дроссель L2 и конденсатор С17 выполняют роль сглаживающего фильтра для снижения пульсации на выходе стабилизатора. Диоды VD7 и VD8 защищают микросхему DA1 от перегрузок по входу, а резистор R19 ограничивает выходной ток DA1. Питание УПТ (DA1) осуществляется от параметрического стабилизатора напряжения, выполненного на транзисторах VT1, VT2 и стабилитроне VD5. Транзисторы VT3 – VT5, VT9 осуществляют защиту стабилизатора от короткого замыкания в нагрузке. При увеличении напряжения на его выходе увеличивается ток через делитель обратной связи, следовательно, увеличивается положительное напряжение, снимаемое со среднего вывода потенциометра R30. Последнее напряжение подается на вход усилителя постоянного тока DA1 (2). Вследствии того, что напряжения на входе 2 и выходе 6 микросхемы DA1 находятся в противофазе, транзистор VT8 начнет закрываться отрицательным напряжением, снимаемым с выхода 6 микросхемы DA1. В результате этого "призакроются" согласующий транзистор VT6 и регулирующий VT7. Регулирующий транзистор VT7 включен по схеме с общей базой и выполняет роль переменного резистора, величина которого зависит от напряжения на его базе. Увеличение сопротивления участка "коллектор-эмиттер" транзистора VT7 будет компенсировать увеличение напряжение на входе стабилизатора.

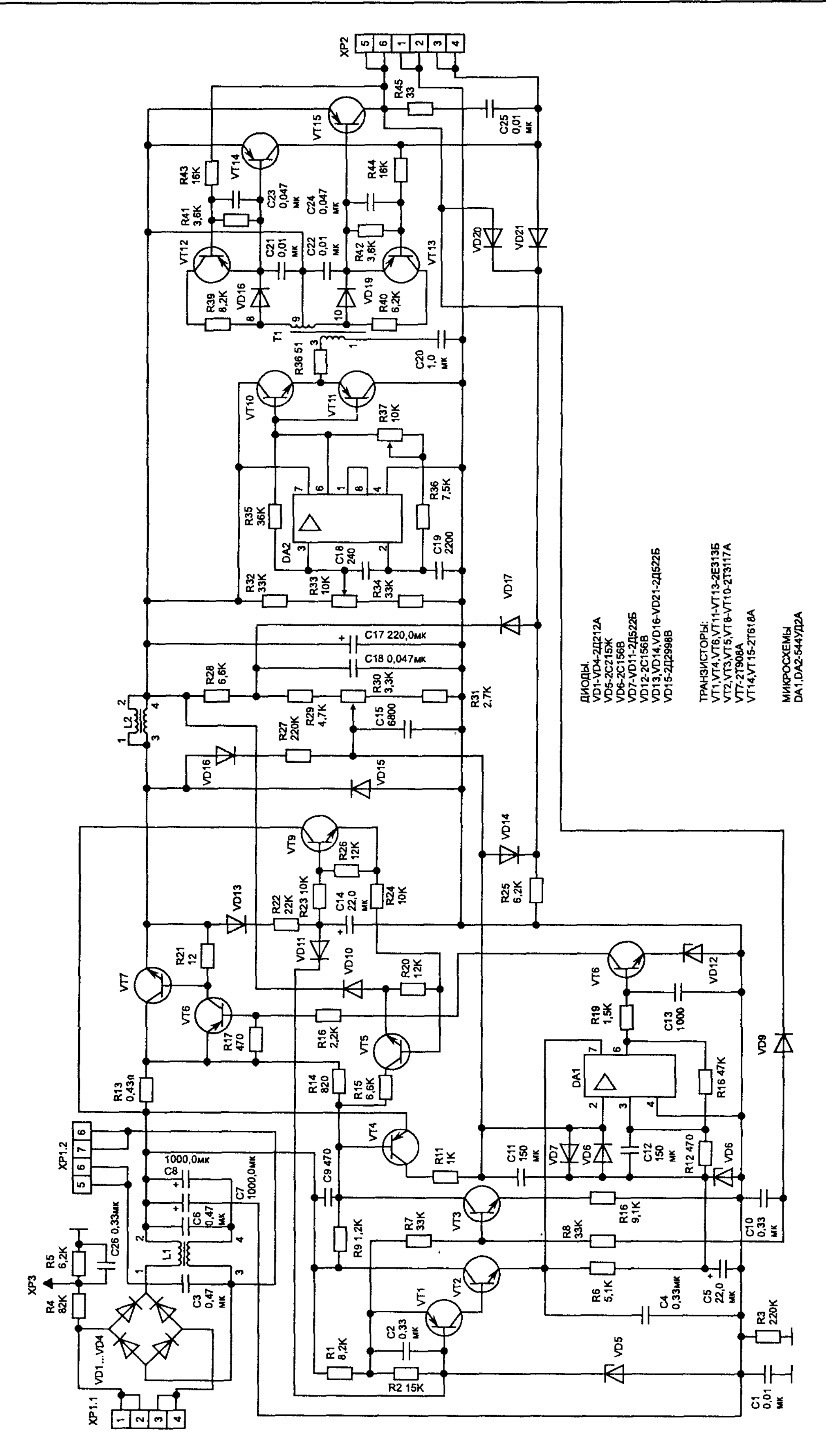


Рис. 4.7. Принципиальная схема преобразователя

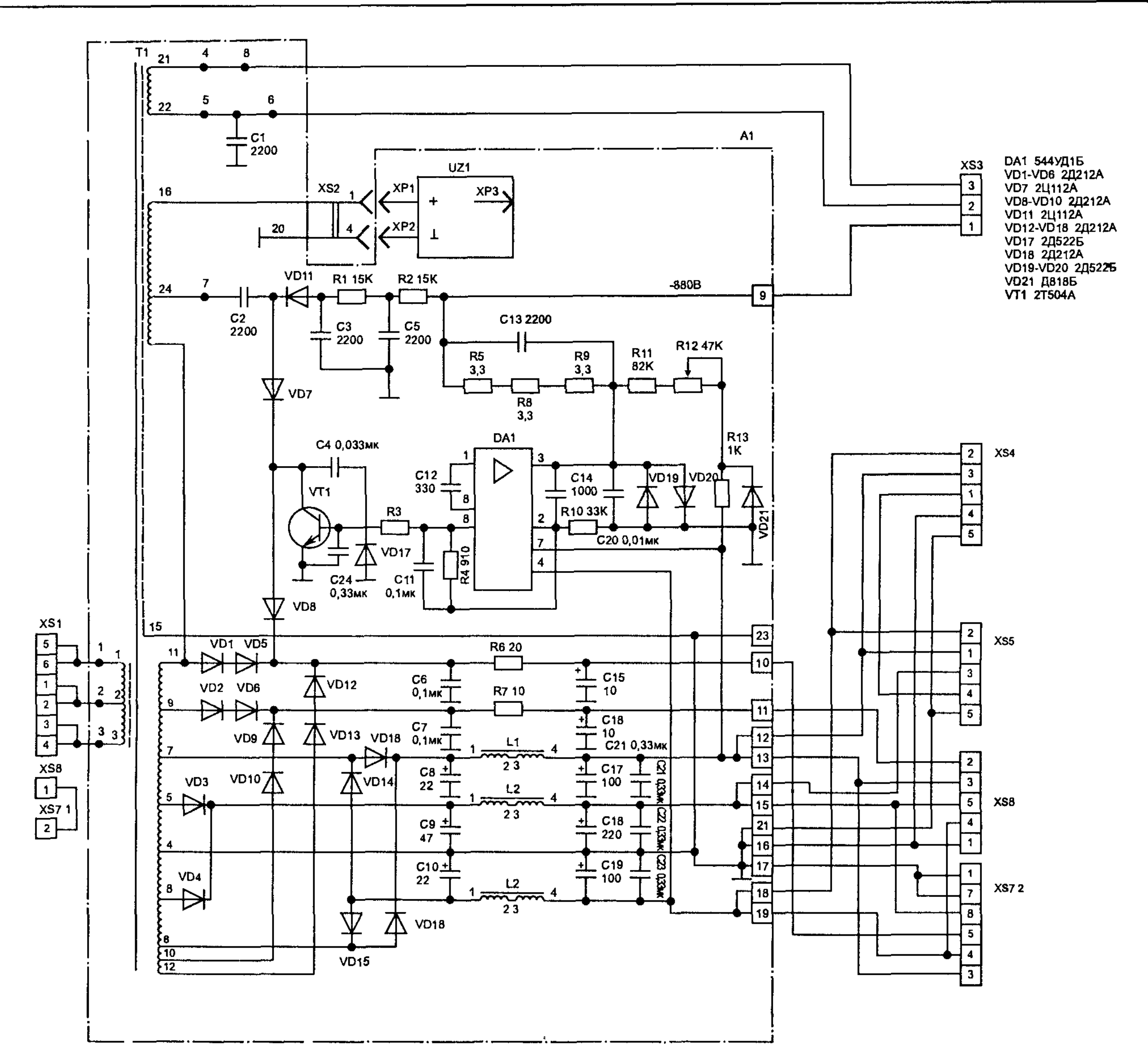


Рис. 4.8. Принципиальная схема преобразователя и выпрямителя

Аналогичным образом можно рассмотреть работу стабилизатора при уменьшении напряжения на его базе.

Напряжение 18В, устанавливаемое при помощи резистора R30, подается с выхода стабилизатора на задающий генератор преобразователя. Задающий генератор выполнен на микросхеме DA2, транзисторах VT10, VT11 и трансформаторе T1 4.770.058 (табл. 4.2).

Таблица 4.2. Намоточные данные трансформатора 4.770.058 (провод ПЭТВ-2)

Номер обмотки	Номер вывода	Напряжение, В: холостого хода	Напряжение, В: под нагрузкой	Ток в режиме нагрузки, А, не более	Диаметр провода, мм	Кол-во витков	Примечание
I	1—3	18	18	0,07	0,2	65	Ток холостого хода не более 0,03А
	1—5	30	30	0,07	0,2	108	
II	8—9	6,94	6,85	0,1	0,2	25	—
	9—10	6,94	6,85	0,1	0,2	25	
	8—10	13,88	13,7	0,1	0,2	50	

Переменным резистором R37 устанавливают частоту генератора 20 кГц, а переменным резистором R33 – скважность импульсов. С выхода трансформатора T1 (8, 10) напряжение подается через диоды VD18, VD19 на усилитель мощности, выполненный на транзисторах VT14, VT15. Транзисторы

VT12, VT13 выполняют функцию форсирования режимов переключения транзисторов усилителя мощности. При помощи диодов VD14, VD20 и VD21 осуществляется синхронизация работы преобразователя и импульсного стабилизатора напряжения. Нагрузкой усилителя мощности преобразователя является трансформатор T1, который установлен на плате преобразователя и выпрямителя.

Принципиальная схема преобразователя и выпрямителя приведена на рис. 4.8. Преобразователь и выпрямитель обеспечивают питание осциллографа следующими напряжениями: 0,5В; +5В; ~6,3В; +15В; -15В; +80В; +100В; -880В; +8000В. Намоточные данные трансформатора T1 4.770.054 приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3. Намоточные данные трансформатора 4 770.054 (провод ПЭТВ-2)

Номер обмотки	Номер вывода	Напряжение, В		Ток в режиме нагрузки, А, не более	Диаметр провода, мм	Кол-во витков	Примечание
		холостого * хода	под иагрузкой				
I	1—2	17	17	0,5	0,45	17	Ток холостого хода ие более 0,2 А
	2—3	17	17	0,5	0,45	17	
	1—3	34	34	0,5	0,45	34	
II	4—5	6	5,85	—	0,5	6	—
	4—6	6	5,85	—	0,5	6	
	5—6	12	11,7	0,3	0,5	12	
	5—7	10,6	10,35	0,24	0,4	10,5	
	6—8	10,6	10,35	0,24	0,4	10,5	
	7—9	67	65,3	0,035	0,1	67	
	8—10	67	65,3	0,035	0,1	67	
	9—11	21	20,3	0,016	0,1	21	
	10—12	21	20,3	0,016	0,1	21	
	11—24	410	405	0,0008	0,063	405	
	24—18	343	335	0	0,063	330	
III	21—22	7	6,9	0,1	0,2	7	—

Напряжения +5В, -15В, +15В, +80В, +100В выпрямляются при помощи диодов VD3, VD4, VD12 – VD16, VD15 – VD18, VD9, VD10, VD1 – VD6 и фильтруются конденсаторами C8 – C10, C15 – C19 и дросселями L1 – L3. Напряжение -880В формируется при помощи удвоителя напряжения, выполненного на диодах VD7 и VD11 и конденсаторах C2 и C3. Стабилизация этого напряжения осуществляется стабилизатором, выполненным на микросхеме DA1 и транзисторе VT1, а регулировка осуществляется при помощи переменного резистора R12. Напряжение +8000В формирует выпрямитель UZ1.

При работе осциллографа от сети переменного тока напряжением 220В и частотой 50/400 Гц тумблер S1 должен находиться в положении "220В", а от сети напряжением 115 В с частотой 400 Гц – в положении "115В".

При питании от сети переменного тока осциллограф защищен от перегрузок плавкими вставками F1 (0,5А) и F2 (3А), а при питании от сети постоянного тока напряжением 27В – плавкой вставкой F2 (3А).

4.4. Техническое обслуживание прибора

Техническое обслуживание универсального осциллографа С1-125 включает в себя мероприятия по калибровке, балансировке и поверке. Калибровку и балансировку осциллографа выполняют перед проведением необходимых измерений или при исследовании электрических сигналов в целях обеспечения точности измерений. Поверку осуществляют не реже одного раза в два года, а также после проведения ремонта узлов осциллографа.

4.4.1. Перечень контрольно-измерительных приборов, необходимых для поверки осциллографа

В табл. 4.4 приведены основные технические характеристики контрольно-измерительных приборов, рекомендованных предприятием-изготовителем для поверки осциллографа.

Таблица 4 4 Технические характеристики контрольно-измерительных приборов

Наименование прибора	Назначение	Основные технические характеристики
Г3-112/1	Генератор НЧ	Диапазон рабочих частот, Гц: 10 – $10 \cdot 10^{6}$
И1-11	Генератор испытательных импульсов	Время нарастания импульса, нс: 10; Длительность импульса, нс: 100
В7-28	Вольтметр универсальный цифровой	Диапазон измеряемых напряжений, В: $10 \cdot 10^{-3}$ – 10; Входное сопротивление, кОм: 80 кОм – $10 \cdot 10^{3}$
И1-9	Калибратор осциллографов импульсный	Выходное напряжение, В: $4 \cdot 10^{-3}$ – 40; Период импульсов, с: 10Ч0^{-9} – 10
Ч3-63	Частотомер электронно-счетный	Диапазон измеряемых частот, Гц: 0,1 – $10 \cdot 10^{6}$

Радиоизмерительные приборы, используемые для поверки осциллографа С1-125, должны быть сами поверены, о чем в их формулярах (паспортах) делается специальная отметка. Вместо указанных средств поверки могут быть использованы другие аналогичные приборы, обеспечивающие измерение параметров в заданных диапазонах и с требуемой точностью.

4.4.2. Балансировка прибора

Перед проведением балансировки канала вертикального отклонения (КВО) необходимо выполнить следующие операции:

1. Включить прибор и дать ему прогреться в течении 15 мин для установления рабочего режима.
2. Отрегулировать яркость, фокусировку и астигматизм лучей.
3. Установить переключатели “≂,~,⊥”обоих каналов в положение заземленного входа “⊥”.
4. Переключатель “V/дел” установить в положение “10mV”.
5. Переключатели “А”, “Б и А”, “А и Б”, “Б” установить в положение “А” для балансировки канала А или в положение “Б” для балансировки канала Б.
6. Ручкой “↕” установить линию развертки луча на центральную горизонтальную линию шкалы экрана ЭЛТ.
7 Переключатель “V/дел” установить в положение “1mV”.
8. Регулировкой подстроечных резисторов R17 (канал А) и R18 (канал Б) установить линию развертки луча на центральную горизонтальную линию шкалы экрана. Оси резисторов выведены под шлиц на нижней поверхности корпуса осциллографа.
9. При необходимости повторить балансировку осциллографа.

Отклонение линии луча от центральной горизонтальной линии шкалы экрана ЭЛТ не должно превышать одного деления шкалы при переключении переключателей “V/дел” в обоих каналах и двух делений при переключении переключателя “НОРМ/ИНВЕРТ” в канале А. В противном случае осциллограф подлежит ремонту.

4.4.3. Калибровка коэффициентов отклонения и коэффициентов развертки

Для проведения калибровки коэффициентов отклонения необходимо выполнить следующие операции:

1. Переключатель “≂,~,⊥” канала А (Б) установить в положение открытого входа “≂“.
2. Переключатель “V/дел” каналов А и Б установить в положение “0,1V”.
3. Переключатели “Время/дел” и “ms/μs” установить в положение “1ms”.
4. Переключатель “⊓,⎓”, расположенный на правой боковой стенке корпуса, установить в положение “⊓”.
5. Подать на вход канала А (Б) электрический сигнал с гнезда “0,6В 1кГц”, расположенного справа на боковой поверхности корпуса осциллографа.

6. Ручкой “УРОВ” добиться устойчивого изображения сигнала на экране ЭЛТ.
7. Ручкой “↕” переменного резистора R4 в канале А или R5 в канале Б совместить нижнюю горизонтальную часть изображения сигнала со второй снизу горизонтальной линией шкалы экрана ЭЛТ. При этом вершины прямоугольных импульсов должны совпадать со второй сверху горизонтальной линией шкалы экрана ЭЛТ. В случае несовпадения установить размер изображения сигнала равным шести делениям шкалы экрана ЭЛТ путем регулировки оси подстроечного резистора R54 (R55) “∇А” (“∇Б”), выведенного под шлиц на нижней поверхности корпуса осциллографа.
8. Ручкой “↔” переменного резистора R2 совместить вертикальную часть изображения сигнала с крайней левой линией шкалы экрана ЭЛТ. При этом в десяти делениях шкалы ЭЛТ должно уложиться десять периодов сигнала калибратора. В случае несоответствия установить размер изображения по горизонтали равным десяти периодам сигнала в десяти делениях шкалы экрана ЭЛТ путем регулировки оси подстроечного резистора R47 “∇”, выведенной под шлиц на верхней поверхности корпуса осциллографа.
9. Компенсацию внешнего делителя 1:10 осуществляют в следующей последовательности:
   - подключают делитель 1:10 ко входу канала А (Б);
   - подключают вход внешнего делителя 1:10 к входному гнезду калибратора “0,6В 1 кГц”;
   - устанавливают наилучшую равномерность вершин прямоугольных импульсов путем регулировки емкости подстроечного конденсатора, расположенного в корпусе внешнего делителя 1:10

4.4.4. Поверка прибора

При проведении поверки осциллографа необходимо произвести внешний осмотр для выявления возможных дефектов. В случае их отсутствия следует провести опробование осциллографа. При этом определяется наличие лучей на экране ЭЛТ, перемещение лучей по вертикали и горизонтали, работоспособность потенциометров “ЯРКОСТЬ”, “ФОКУСИРОВКА”, “АСТИГМАТИЗМ”. Затем следует произвести пробное измерение частоты электрического сигнала от генератора НЧ.

Если при этом опробовании не обеспечивается хотя бы один режим измерения, то техническое состояние осциллографа признается неработоспособным и он подлежит ремонту, регулировке и поверке.

Определение ширины луча в вертикальном направлении

Ширина луча в вертикальном направлении производится косвенным методом при помощи генератора низкой частоты Г3-112/1. Структурная схема установки для определения ширины луча приведена на рис. 4.9.

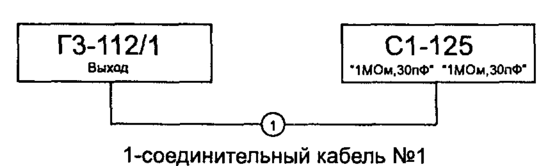


Рис. 4.9. Структурная схема установки для определения ширины луча в вертикальном направлении

Определение ширины луча проводится в следующей последовательности:

1. Произвести балансировку и калибровку осциллографа в соответствии с п. 4.4.2 и п. 4.4.3.
2. Установить переключатели “V/дел” и “Время/дел” в положения “5V” и “5μs” соответственно. При этом осциллограф установить в режим “АВТ”.
3. Подать на вход канала А от генератора Г3-112/1 сигнал с частотой f = 100кГц и амплитудой Um = (1 – 5) В. Генератор установить в режим внутреннего запуска.
4. Произвести регулировку яркости свечения лучей и их фокусировку.
5. Органами регулирования выходного уровня генератора Г3-112/1 установить амплитуду импульсов до значения U_1, при котором светящиеся линии соприкасаются. Ширину линии луча A_B по вертикали в делениях рассчитывают по формуле:

$$A_B = 7{,}5 \cdot U_1 / K_0,$$

где 7,5 – постоянный коэффициент, учитывающий цену деления шкалы экрана ЭЛТ по вертикали, мм;
U_1 – амплитуда импульсов генератора Г3-112/1, В;
K_0 – коэффициент отклонения поверяемого осциллографа, В/дел;

Ширина линии луча должна быть не более 0,8 мм (0,1 дел).

6. Определить ширину линии луча в вертикальном направлении в положении "1mV" переключателя "V/дел", для чего подать на вход канала А осциллографа сигнал от генератора Г3-112/1 через делитель 40 дБ, входящий в комплект генератора.
7. Ширина линии луча в положении "1mV" определяется аналогично, как и в положении переключателя "5V". Расчет ширины луча A_B в делениях проводится по формуле:

$$A_b = 7{,}5 \cdot U_1/(100 \cdot K_0)$$

где 7,5 – постоянный коэффициент, учитывающий цену деления шкалы экрана ЭЛТ по вертикали, мм;
U_1 – амплитуда импульсов генератора Г3-112/1, В;
Ko – коэффициент отклонения проверяемого осциллографа, В/дел;

Ширина линии луча должна быть не более 1,5 мм (0,2 дел).

Определение ширины линии луча в горизонтальном направлении

Структурная схема установки приведена на рис. 4.10.

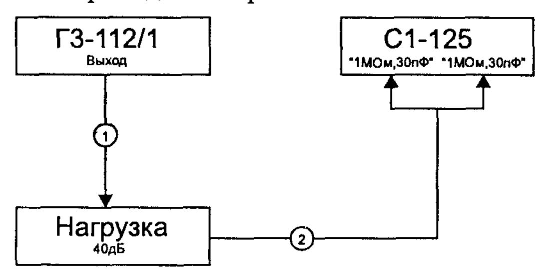


Рис 4.10 Структурная схема установки для определения ширины луча в горизонтальном направлении

Ширину линии луча в горизонтальном направлении определяют методом сжатого растра в следующей последовательности:

1. Переключатели "V/дел" и "Время/дел" канала А установить в положения "1V" и "1mS".
2. Подать на вход канала А синусоидальный сигнал с частотой f = 10 – 50 кГц и амплитудой Um = 2 – 6 В.
3. Изменяя частоту генератора, добиться исчезновения растровой структуры сигнала. Включить растяжку "×5" и подсчитать количество линий в пределах части экрана ЭЛТ.
4. Определить ширину луча в горизонтальном направлении по формуле:

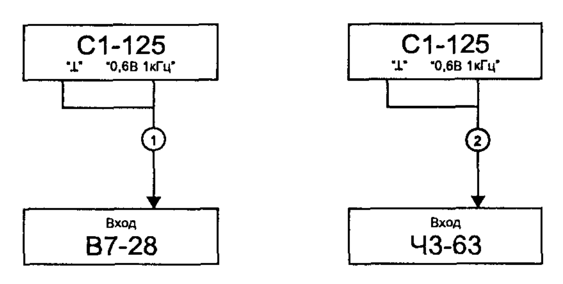
$$A_r = \frac{16}{n-1}$$

где 16 – постоянный коэффициент, учитывающий цену деления шкалы экрана ЭЛТ по горизонтали, мм;
n – число линий.

За ширину линии луча принимается наибольшее значение результатов измерений в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Ширина луча должна быть не более 0,8 мм (0,1 дел).

Определение основной погрешности установки напряжения и частоты следования импульсов калибратора

Основную погрешность установки напряжения и частоты следования импульсов калибратора можно определить при помощи вольтметра В7-28 и частотомера Ч3-63 согласно структурной схеме установки (рис. 4.11).



1-кабель 4.853.871 из комплекта В7-28;
2-соединительный кабель №1 с щупом 6.360.012.

Рис. 4.11 Структурная схема установки для определения основной погрешности установки напряжения (а) и частоты следования импульсов калибратора (б)

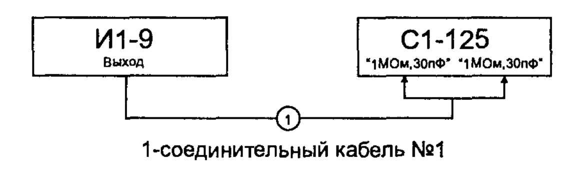
Измерение основной погрешности установки напряжения и частоты калибратора проводится в следующей последовательности:

1. Установить переключатель "п,⎓", расположенный на правой боковой стенке корпуса осциллографа, в положение "⎓" и оценить при помощи вольтметра В7-28 постоянное напряжение на выходе калибратора "0,6 В, 1кГц".
2. Основную погрешность установки частоты следования импульсов калибратора определить при помощи частотомера Ч3-63 путем подключения его входа к выходу калибратора "0,6 В, 1кГц". При этом переключатель "п,⎓" установить в положение "п".

Основная погрешность напряжения и частоты следования импульсов калибратора не должна быть более ±1%.

Определение погрешности коэффициентов отклонения каналов А и Б

Определение погрешности коэффициентов отклонения проводится согласно структурной схеме установки (рис. 4.12).



1-соединительный кабель №1

Рис. 4 12. Структурная схема установки для определения основной погрешности коэффициентов отклонения каналов А и Б

1. Откалибровать осциллограф при помощи внутреннего калибратора (п. 4.4.3).
2. Подать с выхода "п" калибратора И1-9 на вход осциллографа калиброванное напряжение с частотой f = 1кГц.
3. Установить изображение симметрично относительно центральной линии экрана ЭЛТ.
4. Произвести поверку для всех положений переключателя "V/дел" при размере изображения, равном шести делениям шкалы экрана ЭЛТ, а для положения "1V" переключателя "V/дел" – при размере изображения, равном 4,8 дел. Переключатель "V/дел" калибратора И1-9 установить в положения, соответствующее положениям переключателя "V/дел" осциллографа, переключатель "ЧИСЛО ДЕЛЕНИЙ" калибратора И1-9 – в положение, соответствующее требуемому размеру изображения на экране ЭЛТ осциллографа.
5. Включить девиацию и вращением ручки "ДЕВИАЦИЯ" установить размер изображения на экране ЭЛТ, равный требуемому числу делений шкалы (4,8).
6. Отсчитать погрешность коэффициента отклонения (6%) по шкале калибратора И1-9.

Погрешность коэффициентов отклонения с выносными делителями 1:10 оценивается при размере изображения 6 делений в положениях "10mV", "0,1V" и "1V" переключателей "V/дел" в обоих каналах осциллографа.

Погрешность коэффициентов отклонения должна быть не более ±4%.

Определение основной погрешности коэффициентов развертки

Определение основной погрешности коэффициентов отклонения проводится согласно структурной схеме установки (рис. 4.13).

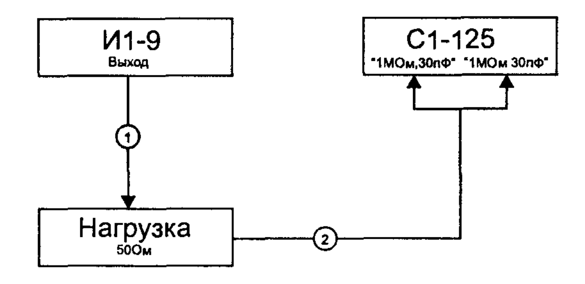


Рис 4.13. Структурная схема установки для определения основной погрешности коэффициентов развертки

1. Произвести калибровку осциллографа при помощи внутреннего калибратора (п. 4.4.3) на десяти делениях шкалы ЭЛТ при положении "1ms/дел" переключателя "Время/дел".
2. Подать с выхода "⊓" калибратора И1-9 на вход канала А сигнал с такой частотой, чтобы период сигнала занимал одно деление по горизонтали. Измерение проводить на центральной горизонтальной линии шкалы экрана ЭЛТ. Размер изображения по вертикали установить удобным для наблюдения.
3. Определение погрешности коэффициентов развертки проводить на 4, 6, 8 и 10 делений шкалы от начала развертки. При этом измеряемый участок должен быть расположен симметрично относительно центральной вертикальной линии шкалы экрана ЭЛТ. При помощи ручки "ДЕВИАЦИЯ" калибратора И1-9 изображение сигнала совместить с нужным количеством делений шкалы экрана ЭЛТ.
4. Определить по индикатору калибратора И1-9 погрешность коэффициентов развертки, которая должна быть не более ±4%.
5. Определить погрешность коэффициентов развертки с включенной растяжкой для положений "1µs/дел", "2µs/дел", "5µs/дел" переключателя "Время/дел", для чего установить на десяти делениях шкалы экрана ЭЛТ соответственно 10, 4 и 2 периода сигнала длительностью 100 нс от калибратора И1-9 и в положениях "2µs/дел", "1µs/дел". Произвести проверку на 5 и 10 делениях шкалы экрана ЭЛТ.
6. Погрешность коэффициента развертки с включенной растяжкой должна быть не более ±5%.

Определение параметров переходной характеристики

Параметры переходной характеристики (ПХ) определяются при помощи генератора испытательных импульсов И1-11. Это осуществляется путем подачи на входы КВО осциллографа импульсов длительностью 1 мкс в режиме внешнего запуска осциллографа импульсами положительной и отрицательной полярности в обоих каналах и во всех положениях переключателя "V/дел". Структурная схема установки для определения параметров ПХ приведена на рис. 4.14.

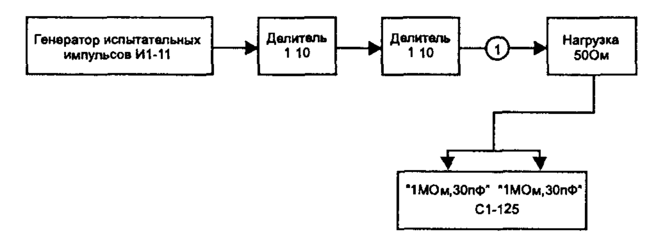


Рис. 4.14. Структурная схема установки для определения параметров переходной характеристики

1. Произвести измерение времени нарастания $\tau_н$ и времени установления $\tau_у$ выброса на ПХ и неравномерности на участке установления согласно рис. 4.15.

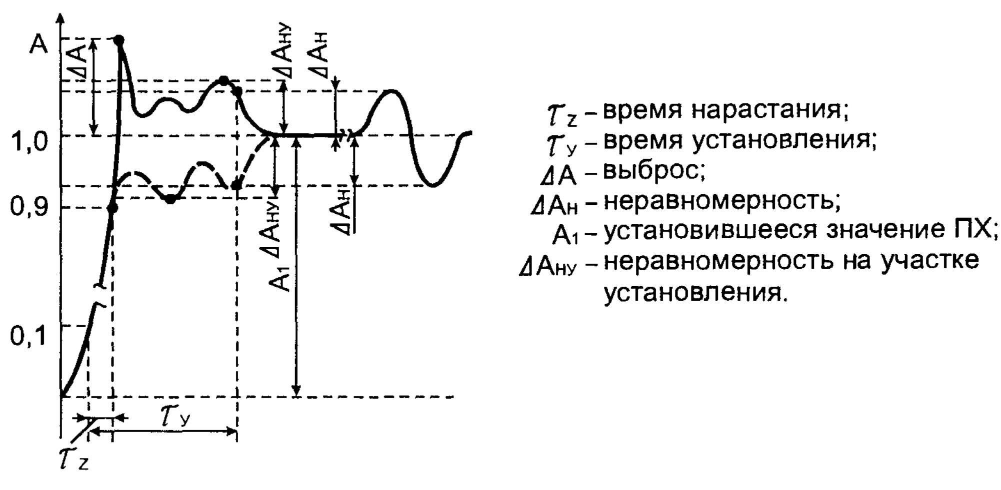


Рис. 4.15. Изображение сигнала на экране ЭЛТ при проверке времени нарастания, выброса и времени установления ПХ, неравномерности ПХ, неравномерности на участке установления

Значение выброса ПХ $б_В$ в процентах рассчитать по формуле:

$$\sigma_В = \Delta A / A_1 \cdot 100\%,$$

где ΔA – величина выброса, дел;
A_1 – установившееся значение ПХ, дел;

Значение неравномерности ПХ на участке установления $б_{НУ}$ в процентах рассчитать по формуле:

$$\sigma_{НУ} = \Delta A_{НУ} / A_1 \cdot 100\%,$$

где $\Delta A_{НУ}$ – неравномерность ПХ на участке установления, дел;
A_1 – установившееся значение ПХ, дел;

2. Определить аналогичным образом значения параметров ПХ с выносным делителем 1:10 для следующих положений переключателя “V/дел”: “10mV”, “0,1V”, и “1V”. Измерения проводить при размере изображения по вертикали менее 6 делений, но не менее 2 – 4 делений.
3. Установить переключатель “V/дел” в положения “1mV” – “5V” и подать на вход осциллографа от генератора И1-11 импульсы длительностью 100 мкс. Определить максимальное отклонение от установившегося значения. Измерение проводить на центральной вертикальной линии шкалы ЭЛТ при перемещении изображения по горизонтали. Значение неравномерности $б_Н$ в процентах рассчитать по формуле:

$$\sigma_Н = \Delta A_Н / A_1 \cdot 100\%,$$

где $\Delta A_Н$ – неравномерность ПХ, дел;
A_1 – установившееся значение ПХ, дел.

4. Определить величину синхронной наводки на начальном участке линии развертки, для чего:

- переключатель “V/дел” установить в положение “1mV” при включенном режиме “А и Б”, сначала в канале А, а затем в канале Б;
- установить переключатели “Время/дел” и “×5, ×1, X-Y” в положения “0,1μS” и “×5” соответственно;
- установить переключатели “~, ⊥, ≂” каналов А и Б в положение “⊥”;
- Ручкой “↕” установить линию развертки на центральную горизонтальную линию шкалы экрана ЭЛТ.

Величину синхронной наводки определить по делениям вертикальной шкалы ЭЛТ как максимальное отклонение луча от середины линии развертки.

5. Определить спад вершины ПХ путем подачи на закрытый вход канала А(Б) сигнала с частотой 1 кГц от собственного калибратора. Размер изображения установить равным 6-ти деления. Спад вершины ПХ определить как уменьшение установившегося значения ПХ на интервал 0,5мс (рис 4. 16).

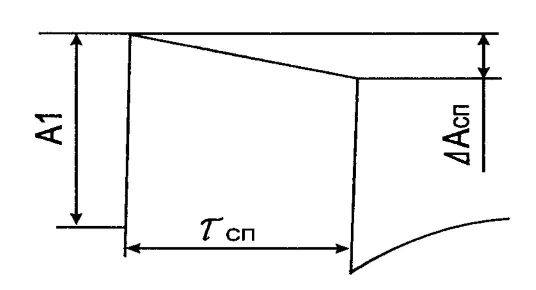


Рис. 4.16. Изображение сигнала на экране ЭЛТ при определении спада вершины ПХ при закрытых входах

Значение спада вершины $б_{СП}$ в процентах рассчитать по формуле:

$$\sigma_{СП} = \Delta A_{СП} / A_1 \cdot 100\%,$$

где $\Delta A_{СП}$ – спад вершины, дел (при времени спада 0,5 мс);

A_1 – установившееся значение ПХ, дел.

Параметры ПХ каждого из каналов вертикального отклонения не должны быть более нижеприведенных значений:

- время нарастания 35нс;
- время установления 170нс;
- выброс 6%;
- неравномерность на участке восстановления 6%;
- неравномерность после времени установления 2%;
- спад вершины 5%;
- наличие синхронной наводки ±0,2 дел на начальном участке линии развертки.

4.5. Ремонт прибора

Ниже приводятся характерные неисправности универсального осциллографа С1-125 и алгоритмы их поиска и устранения.

Нет признаков включения осциллографа

Возможная причина: неисправен тумблер “СЕТЬ” или вставки плавкие.

Алгоритм поиска неисправностей:

Проверить омметром исправность тумблера “СЕТЬ” и плавких вставок.

Возможная причина: неисправен трансформатор 4.700.416.

Алгоритм поиска неисправностей:

Проверить омметром сопротивление обмоток трансформатора, визуально оценить внешний вид трансформатора на отсутствие подтеков пропитывающего материала. В случае его неисправности заменить трансформатор на заведомо работоспособный.

Возможная причина: неисправна плата преобразователя и выпрямителя.

Алгоритм поиска неисправностей:

Устранить неисправность согласно алгоритмам, приведенным на рис. 4.17 и рис. 4.18.

Нет свечения ЭЛТ

Возможная причина: плохой контакт в разъеме цоколя ЭЛТ или он снят с нее.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить визуально подсоединение разъема к цоколю ЭЛТ. При помощи омметра проверить исправность разъема и соединительных проводов.
2. Проверить напряжения на электродах ЭЛТ и сравнить их с напряжениями, приведенными в табл. 4.5.

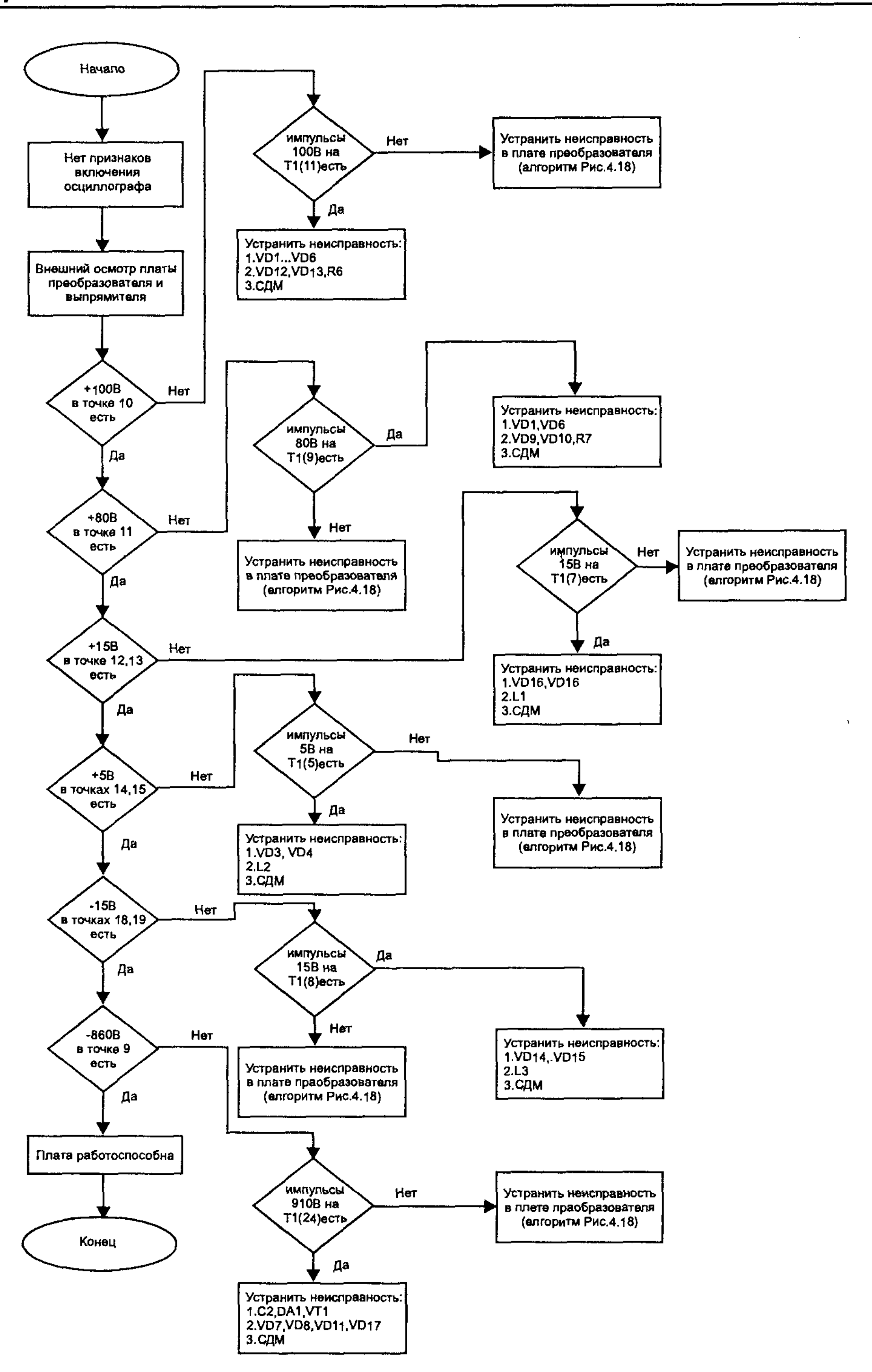


Рис. 4.17. Алгоритм поиска неисправностей в плате преобразователя и выпрямителя

Таблица 4.5. Карта напряжений на электродах ЭЛТ

Номер вывода	1	2	3	4	5	6 – 9	10	11	12	13	14
Напряжение, В	6,3	-10 – +90	-800	-(800 – 900)	-(60 – 80)		-(60 – 220)		-(60 – 220)	0 – 45	6,3

Измерения проводят относительно корпуса осциллографа приборами В7-28, С503.

Возможная причина: неисправна плата преобразователя и выпрямителя или плата усилителя Z и схемы управления ЭЛТ.

Алгоритм поиска неисправностей:

Устранить неисправность согласно алгоритмам, приведенным на рис. 4.18 и 4.19.

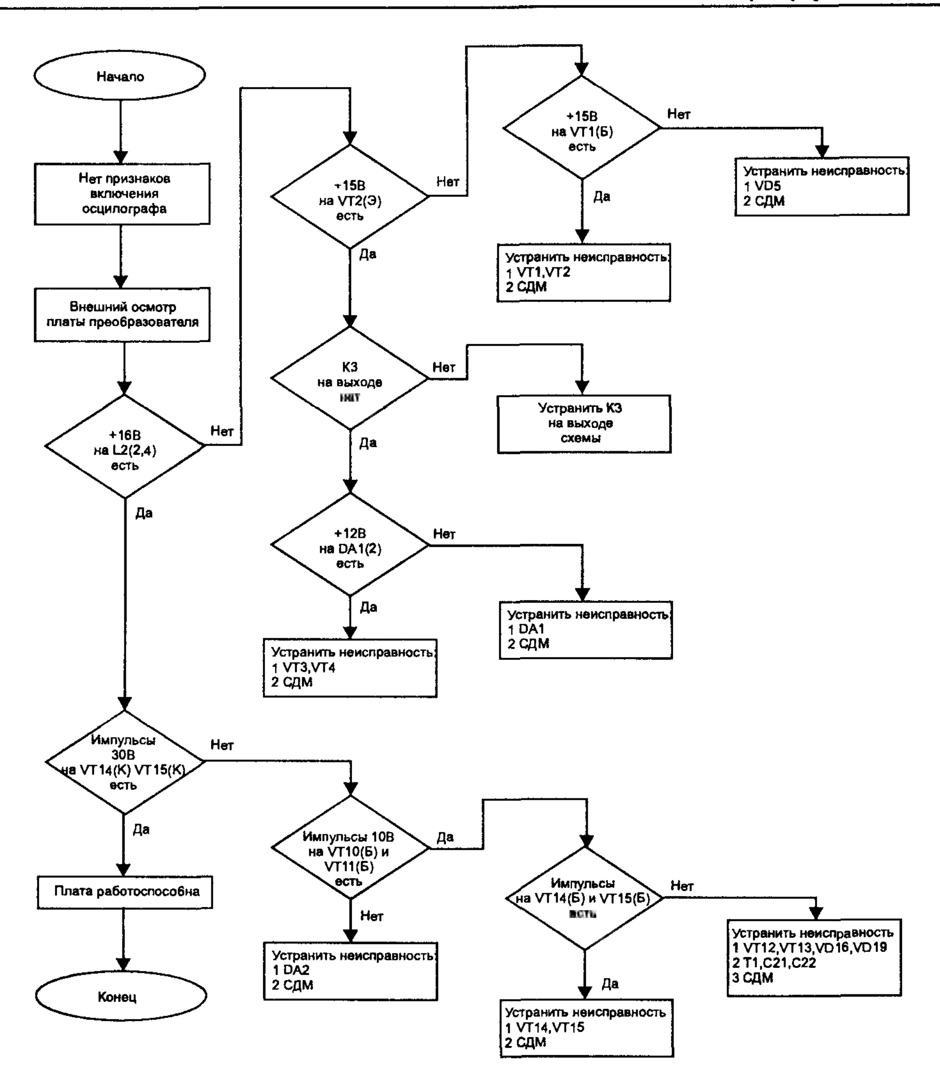


Рис. 4 18. Алгоритм поиска неисправностей в плате преобразователя

На экране ЭЛТ наблюдается только светящаяся точка

Возможная причина: плохой контакт в разъеме цоколя ЭЛТ или вилке ХР2 блока развертки и синхронизации.

Алгоритм поиска неисправности:

Проверить при помощи омметра исправность разъема и соединительных проводов.

Возможная причина: на вилке ХР3 отсутствуют необходимые напряжения от блока питания.

Алгоритм поиска неисправности:

Проверить при помощи омметра исправность вилки ХР3 и в случае отсутствия на ней напряжений, поступающих от блока питания, устранить неисправности в преобразователе и преобразователе-выпрямителе согласно алгоритмам, приведенным на рис.4.17 и 4.20.

На экране ЭЛТ один луч не отклоняется по вертикали

Возможная причина: обрыв в линии задержки.

Алгоритм поиска неисправности:

Проверить при помощи омметра исправность линии задержки.

Возможная причина: неисправны платы усилителя Z и схема управления ЭЛТ, плата УВО или плата устройства управления.

Алгоритм поиска неисправности:

Устранить неисправность согласно алгоритмам поиска неисправностей, приведенным на рис. 4.19, 4.20 и 4.21 соответственно.

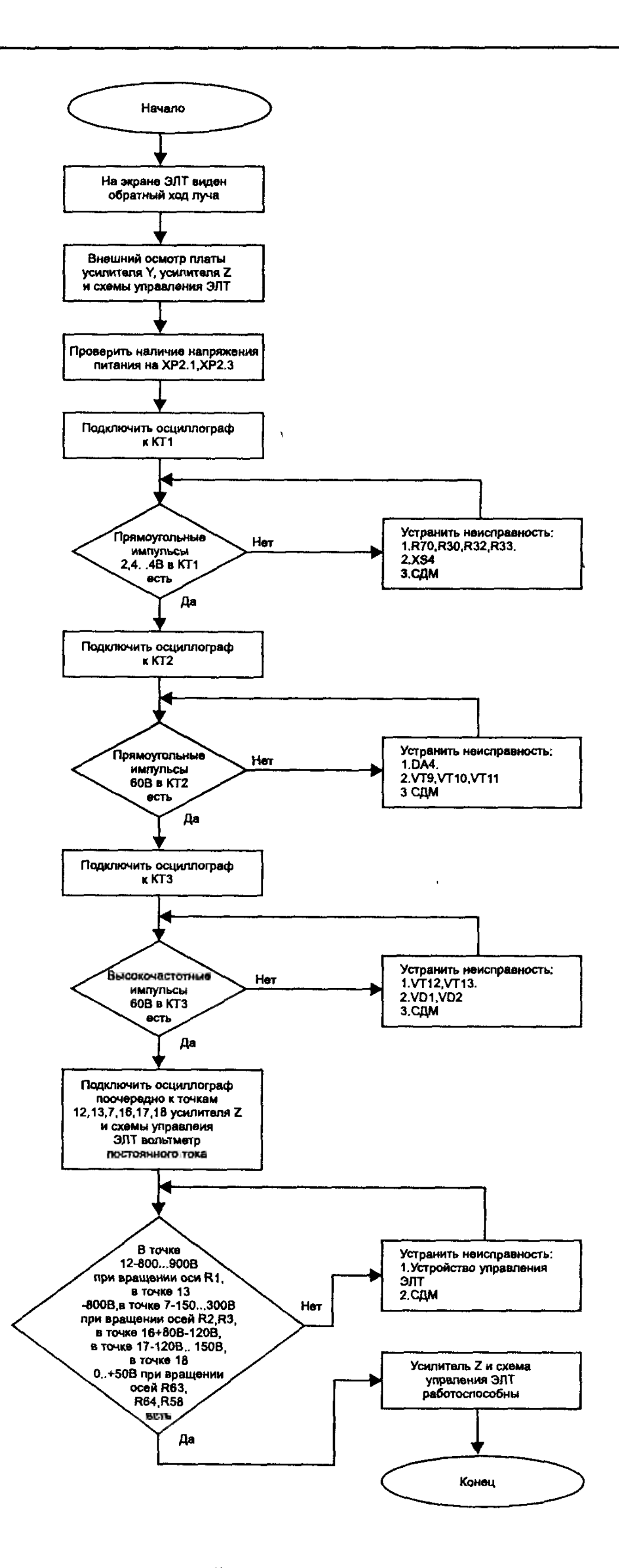


Рис. 4.19. Алгоритм поиска неисправностей в усилителе Z и схеме управления ЭЛТ

На экране ЭЛТ виден обратный ход луча.

Возможная причина: неисправна плата усилителя Y, усилителя Z и схемы управления ЭЛТ.

Алгоритм поиска неисправности:

Устранить неисправность согласно алгоритму поиска неисправностей, приведенному на рис.4.19.

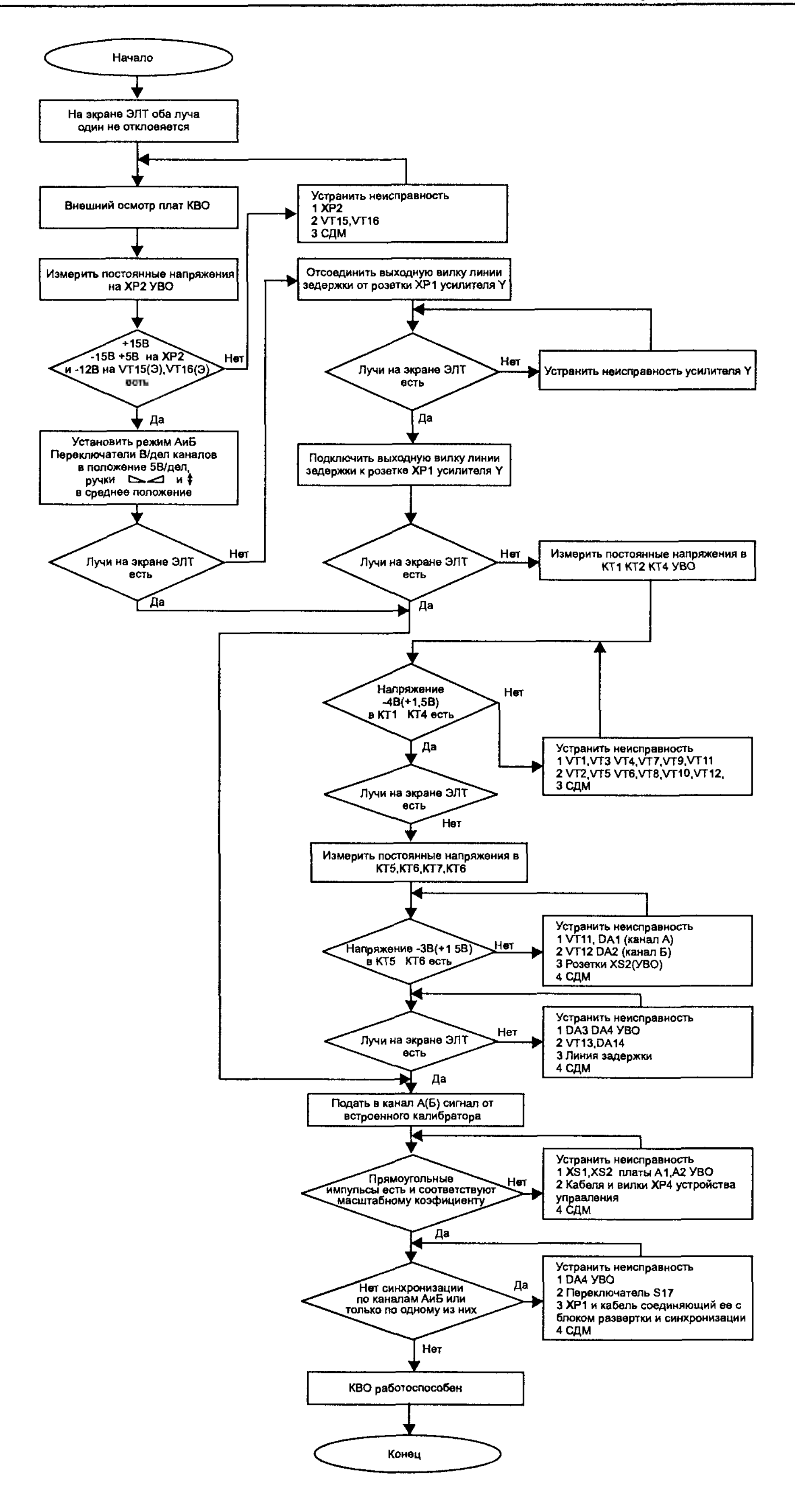


Рис 4.20 Алгоритм поиска неисправностей в канале вертикального отклонения

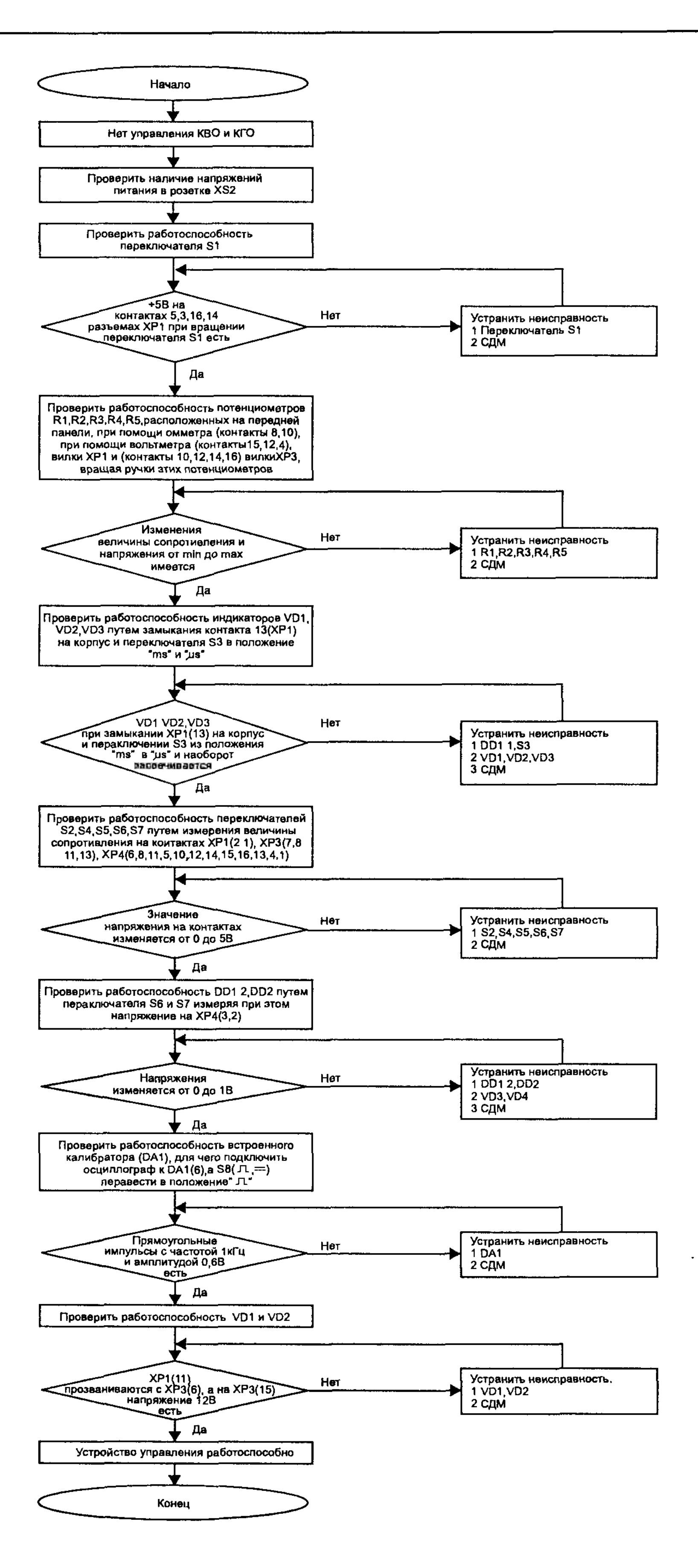


Рис. 4.21. Алгоритм поиска неисправностей в устройстве управления

Возможная причина: отсутствуют импульсы подсвета на вилке XP2 (контакт 2) блока развертки и синхронизации.

Алгоритм поиска неисправности:

Устранить неисправность согласно алгоритму поиска неисправностей, приведенному на рис. 4.22.

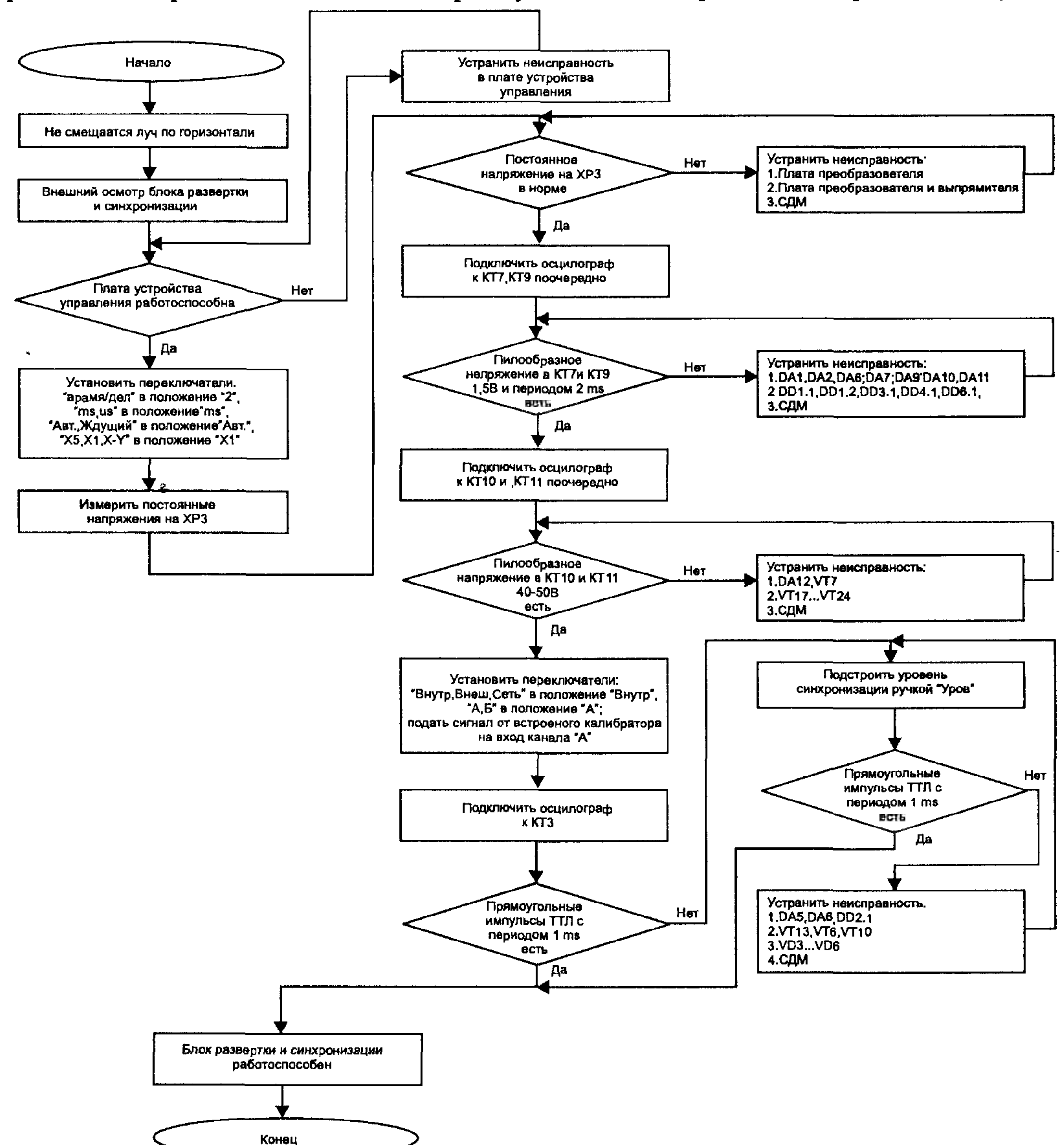


Рис. 4.22. Алгоритм поиска неисправностей в блоке развертки и синхронизации

Не изменяется размер изображения по вертикали

Возможная причина: неисправна плата усилителя вертикального отклонения.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить значения напряжений в контрольных точках схемы согласно табл. 4.6. При этом переключатели, специально не оговоренные в графе "Примечание" этой таблицы, должны быть установлены в следующие положения:
   - переключатель "≂, ⊥, ~" каналов А и Б – в положение "≂";
   - переключатель "V/дел" каналов А и Б – в положение ″0,1 V/дел″;
   - переключатель "– – –, А + Б, → →" – в положение "→ →".

На входы "1 MΩ 30pF″ каналов А и Б подать сигнал от калибратора.

Таблица 4.6 Напряжение в контрольных точках усилителя вертикального отклонения, измеренные относительно корпуса осциллографа при помощи осциллографа С1-103

Контрольная точка	Постоянное напряжение, В	Напряжение сигнала (размах), мВ	Примечание
КТ1, КТ2, КТ3, КТ4	-(4 ± 1,5)	20 ± 10	
КТ5, КТ6, КТ7, КТ8	- (3 ± 1,5)	130 ± 50	
КТ9, КТ10	8 ± 2	230 ± 50	Переключатель "А"/"А и Б"/"Б" – в положении "А" или "Б", ручки "↕" каналов А и Б – в среднем положении

2. При несоответствии указанных напряжений, неисправность согласно алгоритму поиска неисправностей, приведенному на рис.4.20.

Возможная причина: неисправна плата устройства управления.
Алгоритм поиска неисправности:
Устранить неисправность согласно алгоритму поиска неисправностей, приведенному на рис.4.21.

Возможная причина: неисправен блок развертки и синхронизации.
Алгоритм поиска неисправности:
Устранить неисправность согласно алгоритму поиска неисправностей, приведенному на рис. 4.22.

Отсутствует синхронизация от сети

Возможная причина: отсутствует сигнал синхронизации уровнем 1 В на контакте 2 соединителя XS7 платы преобразователя и выпрямителя.
Алгоритм поиска неисправности:
Устранить неисправность согласно алгоритму поиска неисправностей, приведенному на рис.4.17.

Возможная причина: неисправен блок развертки и синхронизации.
Алгоритм поиска неисправности:
Устранить неисправность согласно алгоритму поиска неисправностей, приведенному на рис. 4.22.

Возможная причина: неисправна плата устройства управления.
Алгоритм поиска неисправности:
Устранить неисправность согласно алгоритму поиска неисправностей, приведенному на рис. 4.21.

Отсутствует внешняя синхронизация

Возможная причина: обрыв кабеля, соединяющего разъемы XW1 и XW2 осциллографа.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить при помощи омметра исправность кабеля 4.865.194 и в случае необходимости заменить его на заведомо исправный.

Возможная причина: неисправен блок развертки и синхронизации.
Алгоритм поиска неисправности:
Устранить неисправность согласно алгоритму поиска неисправностей, приведенному на рис. 4.22.

Возможная причина: неисправна плата устройства управления.
Алгоритм поиска неисправности:
Устранить неисправность согласно алгоритму поиска неисправностей, приведенному на рис. 4.21.

Отсутствует внутренняя синхронизация по каналам А и Б одновременно или по одному из них

Возможная причина: неисправен кабель синхронизации осциллографа или соединители XP3 (XS3), XP1 (XS1), XP4 (XS4) канала вертикального отклонения, канала горизонтального отклонения и устройства управления соответственно.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить исправность кабеля и соединителей с помощью омметра.

Возможная причина: неисправен тумблер S17 или микросхема DA4 УВО.
Алгоритм поиска неисправности:
Проверить работоспособность тумблера S17 и микросхемы DA4 и в случае их неисправности заменить их на заведомо работоспособные.

Возможная причина: неисправен блок развертки и синхронизации.

Алгоритм поиска неисправности:

Устранить неисправность согласно алгоритму поиска неисправностей, приведенному на рис. 4.22.

4.6. Конструкция прибора

Корпус осциллографа С1-125 имеет блочно-функциональную конструкцию. В нем размещены следующие функциональные узлы:

- канал вертикального отклонения;
- канал горизонтального отклонения;
- усилитель Z и схема управления ЭЛТ;
- преобразователь;
- преобразователь и выпрямитель;

Схема расположения органов управления, настройки, подключения и индикации приведена на рис. 4.23. На рис. 4.24 представлена схема расположения основных блоков осциллографа С1-125.

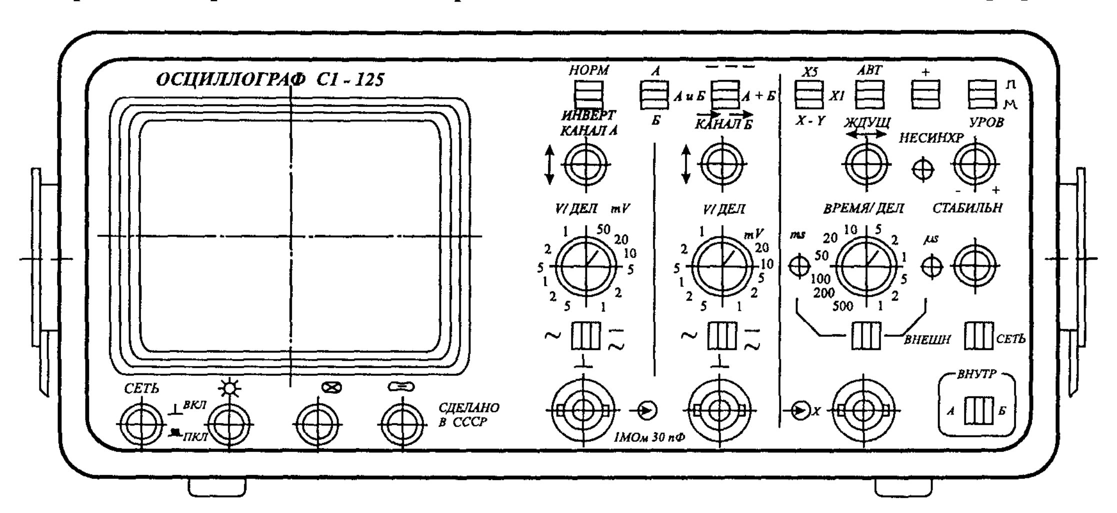


Рис. 4.23 Схема расположения органов управления, настройки, подключения и индикаций осциллографа С1-125

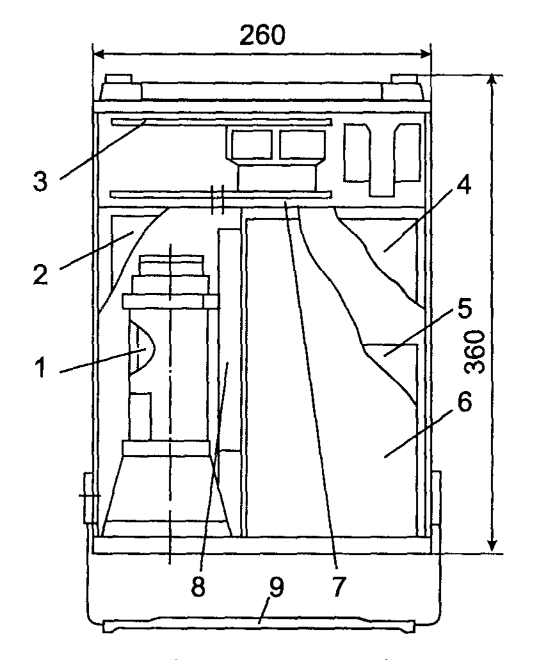


Рис. 4.24. Схема расположения основных блоков осциллографа С1-125

Базовый блок включает в себя шасси и заднюю панель, соединенные между собой винтами. В состав шасси конструктивно входит также и передняя панель. Крепление отдельных элементов шасси, изготовленных методом холодной штамповки, осуществляется при помощи контактно-точечной сварки.

Электронно-лучевая трубка (1) расположена в левой части корпуса осциллографа и установлена в электромагнитном экране, закрепленном на шасси. Внутри экрана расположена отклоняющая система. Также в левой части корпуса осциллографа расположена линия задержки (8), которая установлена и закреплена в электростатическом экране. Снизу к шасси крепятся две платы (2): предварительного усилителя Y и плата, на которой расположены выходной усилитель Y (4), усилитель Z и схема управления ЭЛТ. Плата преобразователя и выпрямителя (3) укреплена вертикально к поперечной стенке шасси. Блок развёртки и синхронизации (6) расположен горизонтально в верхней части корпуса осциллографа. Ниже (в средней части корпуса осциллографа) расположена плата устройства управления (5). Силовой трансформатор и плата преобразователя (7) укреплены к задней панели корпуса осциллографа.

Электрическая связь между блоками осуществляется с помощью соединителей с ленточными проводами, а также при помощи разъёмов. В комплект осциллографа входят два кабеля питания, с помощью которых осуществляется подключение питающих напряжений 220/115В, или 27В. Переключение напряжения 220/115В осуществляется при помощи тумблера, расположенного на задней панели корпуса осциллографа. Там же расположены сетевой разъём для подключения кабелей питания, держатели предохранителей и клемма для подключения защитного заземления "⊥". В корпусе осциллографа имеются отверстия для естественной вентиляции.

Для переноса осциллографа имеется складывающаяся транспортировочная ручка (9).

5. Источник питания Б5-71

Источник питания Б5-71 предназначен для питания радиоэлектронных устройств стабилизированным напряжением с плавной регулировкой его величины, а также может использоваться как цифровой вольтметр внешнего постоянного напряжения. Основными областями применения прибора являются лабораторные исследования, ремонт и обслуживание радиоаппаратуры. Прибор имеет защиту от перегрузок и коротких замыканий на выходе, допускает соединение любого из полюсов с его корпусом, а также последовательное и параллельное соединение двух однотипных приборов.

5.1. Технические данные

Диапазон выходного стабилизированного напряжения	0 – 30 В
Стабилизированный ток нагрузки	0 – 10 А
Основная погрешность индикации:	
выходного напряжения	не более ±200 мВ
выходного тока	не более ±40 мА
Основные нестабильности (при изменении напряжения сети ±10% от номинального значения):	
выходного напряжения в режиме стабилизации напряжения	±(0,001·Uуст + 0,5 мВ)
выходного тока в режиме стабилизации тока	±(0,02·Iуст + 0,5 мА)

Здесь Uуст, Iуст – устанавливаемые значения выходного напряжения и тока.

Нестабильность выходного напряжения прибора при изменении тока нагрузки в режиме стабилизации напряжения	±(0,02· Uуст + 2 мВ).
Нестабильность выходного тока прибора при изменении напряжения на нагрузке в режиме стабилизации тока	10 мА
Нестабильность выходного напряжения прибора при изменении температуры окружающей среды на 10°С в режиме стабилизации напряжения	±50 мВ
Нестабильность выходного тока прибора при изменении температуры окружающей среды на 10°С в режиме стабилизации тока	±100 мА
Нестабильность выходного напряжения за 8 ч непрерывной работы и за любые 10 мин из этих 8 ч, без учета времени установления рабочего режима	±100 мВ
Нестабильность выходного тока от времени за 8 ч непрерывной работы и за любые 10 мин из этих 8 ч, без учета времени установления рабочего режима	±(0,02·Iуст+50 мА)
Пульсации выходного напряжения прибора в режиме стабилизации напряжения	
эффективного значения	1 мВ
амплитудного значения	25 мВ
Пульсация выходного тока прибора в режиме стабилизации тока	10 мА
Максимальное отклонение выходного напряжения	
при изменении тока нагрузки от 0,9 максимального значения до 0	2 В
при изменении тока нагрузки от 0 до 0,9 максимального значения	100 мВ

Выходное напряжение прибора при включении и выключении не выходит за пределы установленного значения не величину, большую чем 3 В Пределом установленного значения считается диапазон выходного напряжения от 0 до Uуст.

Внутреннее сопротивление в диапазоне частот от 20Гц до 200кГц	1 Ом
Диапазон измерения и индикации внешнего напряжения	0 – 100 В
Входное сопротивление встроенного вольтметра	100кОм
Основная погрешность индикации встроенного вольтметра	±(0,01·Uвнеш + 200mV),

где Uвнеш – внешнее измеряемое напряжение.

Дополнительная погрешность индикации напряжения и выходного тока прибора при изменении температуры окружающей среды на 10°С, а также от воздействия влажности не более основной погрешности.

Напряжение срабатывания защиты при превышении величины выходного напряжения заданного уровня не отличается от установленного уровня более, чем на ±2 В.

Напряжение пробоя электрической изоляции сетевой и выходной цепей прибора относительно корпуса:	
для переменного тока	1500 В
для постоянного тока	700 В
Электрическое сопротивление изоляции сетевой и выходной цепей прибора относительно корпуса:	
в нормальных климатических условиях	20 МОм
при повышенной температуре окружающей среды	5 МОм
при повышенной влажности воздуха	1 МОм
Электрическое сопротивление между зажимом защитного заземления и корпусом прибора	не более 0,5 Ом
Время установления рабочего режима	30 мин.
Напряжение питания прибора	220±22 В, 50±0,2 Гц
Потребляемая мощность	не более 900 ВА
Допустимое время непрерывной работы	8 ч
Габаритные размеры прибора	133x240x340 мм
Масса прибора	11,5 кг

5.2. Структурная схема

Структурная схема источника питания, приведенная на рис. 5.1, включает в себя следующие функциональные узлы:

1. Сетевой фильтр (А4) – осуществляет подавление электромагнитных помех в промышленную сеть переменного тока, создаваемых преобразователем напряжения (А8).
2. Стабилизированный выпрямитель напряжения сети (А7) – обеспечивает питание преобразователя стабильным постоянным напряжением 250 – 260 В.
3. Преобразователь напряжения (А8) – осуществляет преобразование напряжения, подаваемого от стабилизированного выпрямителя, в высокочастотное напряжение с частотой 20 – 30кГц и уровнем 125 – 130В.
4. Силовой выпрямитель (А6) – обеспечивает гальваническую развязку и выпрямление высокочастотного широтно-модулированного напряжения.
5. Вспомогательные источники (А5) – обеспечивают узлы прибора стабильным напряжением ±15В; +5В; +(40 – 50) В.
6. Усилители обратной связи по току и напряжению (А2) – осуществляют управление усилителем мощности при работе прибора в режиме стабилизации напряжения или тока.
7. Усилитель мощности и схема защиты выхода (А3) – осуществляют усиление сигналов рассогласования по мощности, снимаемых с усилителей обратной связи по напряжению и току, а также защиту выхода прибора от перенапряжения.

8. Устройство управления и измерения (А1) – осуществляет управление величиной стабилизированного напряжения и тока на выходе прибора и служит также для измерения внешнего напряжения при помощи встроенного в него цифрового вольтметра.

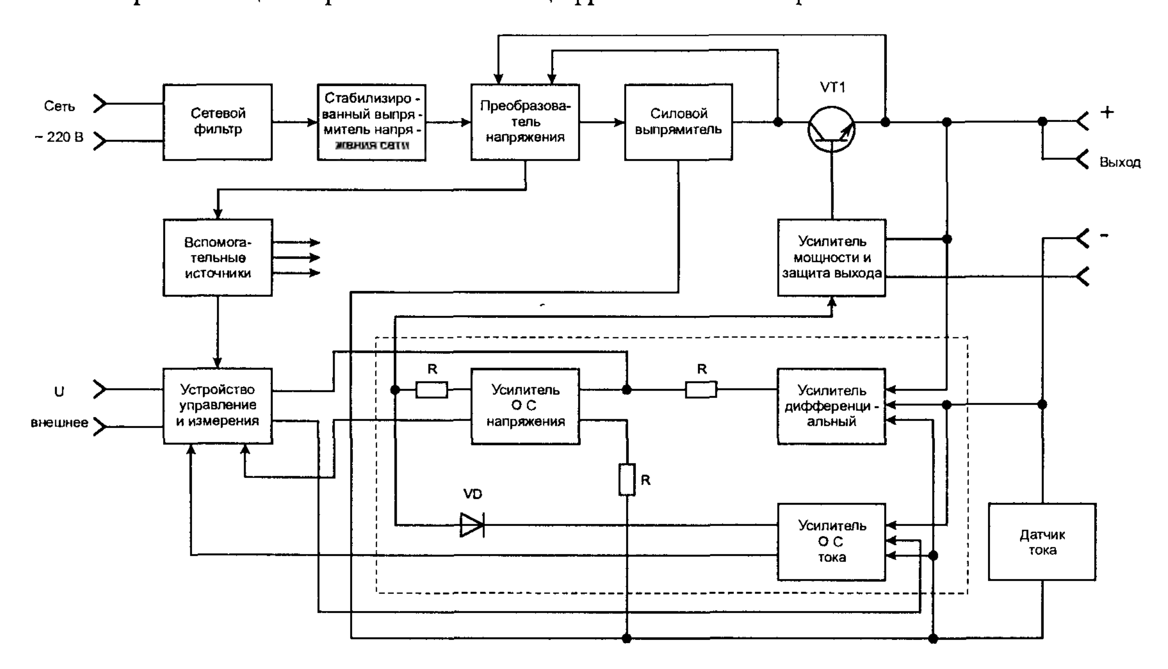


Рис. 5.1. Функциональная схема источника питания Б5-71

Электрическая схема межблочных соединений прибора приведена на рис. 5.2.

Рассмотрим принцип работы источника питания.

Переменное напряжение сети подается через сетевой фильтр (А4) на стабилизированный выпрямитель сети и после выпрямления и сглаживания – на преобразователь напряжения (А8), осуществляющий управление силовым выпрямителем. С выхода силового выпрямителя выпрямленное напряжение подается на регулирующий транзистор VT1 усилителя мощности. Значение напряжения, подаваемого на вход усилителя мощности (А3-VT1), пропорционально значению выходного напряжения, которое устанавливается при помощи потенциометра “U”, расположенного на передней панели прибора, за счет регулируемой отрицательной обратной связи.

Режим стабилизации напряжения или тока устанавливается автоматически в зависимости от соотношения величины сигналов, пропорциональных выходному напряжению или току. В цепь обратной связи по напряжению включен дополнительно дифференциальный усилитель, который осуществляет подачу сигнала, эквивалентного выходному напряжению, на вход усилителя отрицательной обратной связи по напряжению.

Напряжение обратной связи по току снимается с датчика тока, который включен в отрицательную шину прибора (“минус”).

Защита прибора от перегрузки и коротких замыканий на выходе осуществляется путем перехода прибора из режима стабилизации напряжения в режим стабилизации тока и наоборот.

Защита выхода прибора от перегрузки по напряжению устанавливается при помощи потенциометра “ОГРАНИЧЕНИЕ U”, который выведен под шлиц на переднюю панель прибора. При этом резистивный делитель управляет транзистором, который включает тиристор, замыкающий выходные клеммы прибора, вследствие чего его выход обесточивается. В случае срабатывания транзистора или неисправности регулирующего транзистора происходит перегорание вставки плавкой в цепи питания преобразователя напряжения, что также приводит к обесточиванию выхода прибора.

Встроенный цифровой вольтметр постоянного тока осуществляет измерение выходного напряжения и тока прибора, а также измерение внешнего постоянного напряжения величиной от 0 до 100 В. Защита вольтметра от перенапряжения осуществляется при помощи дифференциального порогового усилителя.

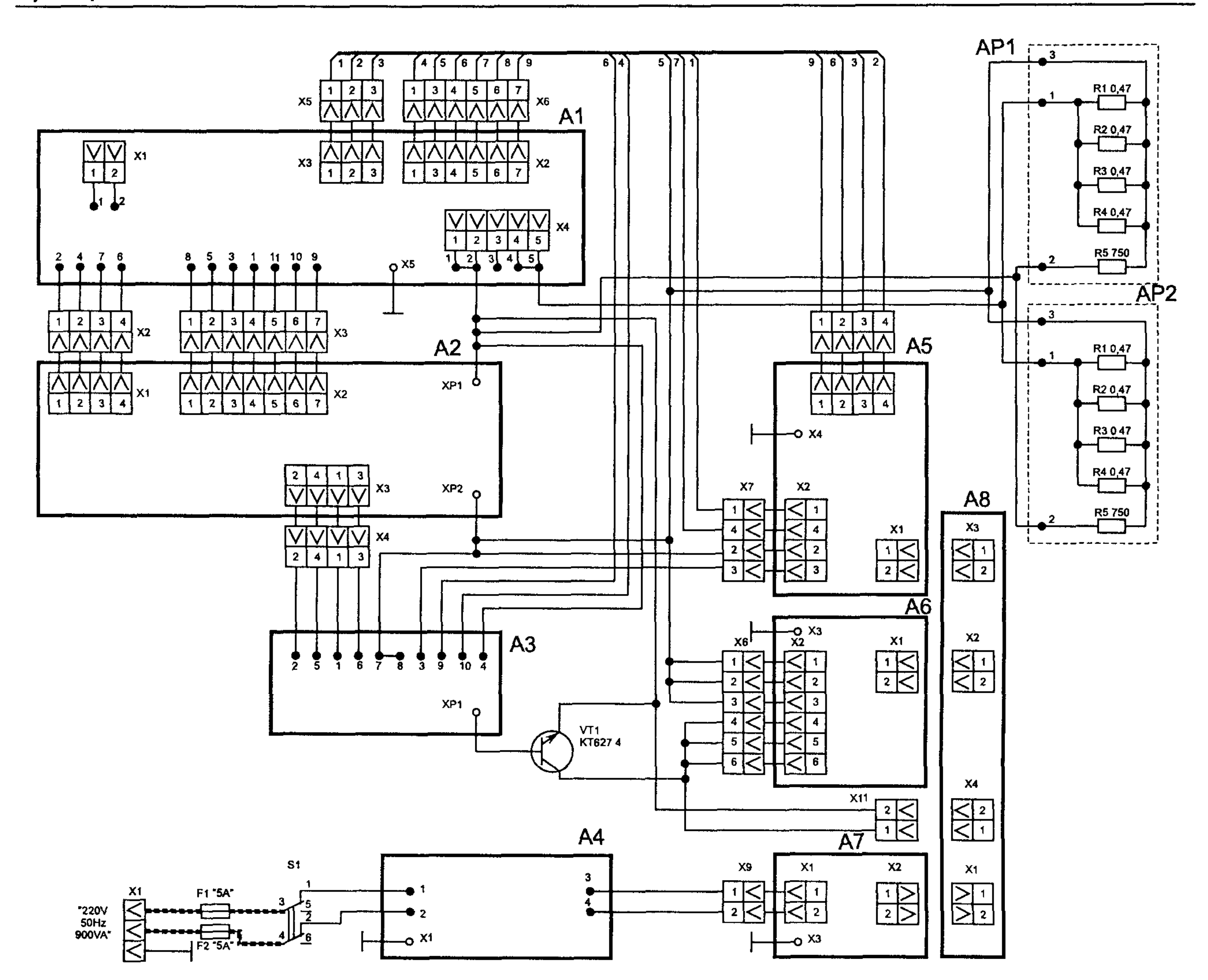


Рис. 5.2. Электрическая схема межблочных соединений источника питания Б5-71

5.3. Принципиальная схема

Рассмотрим работу основных узлов источника питания.

5.3.1. Стабилизированный выпрямитель напряжения сети 3.760.235 (А7)

Стабилизированный выпрямитель напряжения сети, принципиальная схема которого приведена на рис 5.3, обеспечивает выпрямление и стабилизацию напряжения, подаваемого на преобразователь напряжения. Входное переменное напряжение подается через разъем X1 и дроссели L1 и L2 на диоды VD1 – VD4, с помощью которых оно выпрямляется. Далее напряжение величиной 250 – 260В через дроссель L3 и разъем X2 подается на вход преобразователя напряжения. Стабилизация выходного напряжения осуществляется путем регулировки угла включения тиристора VS1.

Схема управления углом включения тиристора включает в себя генератор на однопереходном транзисторе VT1, конденсатор С2 и резистор R5, усилитель обратной связи на транзисторе VT2 и стабилитроне VD6, делитель выходного напряжения R11 – R13.

Генератор работает синхронно с частотой питающей сети и вырабатывает импульсы включения тиристора в моменты времени, когда напряжение на конденсаторе С2 достигает напряжения включения однопереходного транзистора. Скорость заряда конденсатора С2 зависит от значения напряжения на конденсаторс С3 и определяется усилителем обратной связи. Каскад, собранный на ключевом транзисторе VT3, обеспечивает дискретность работы усилителя обратной связи VT2,

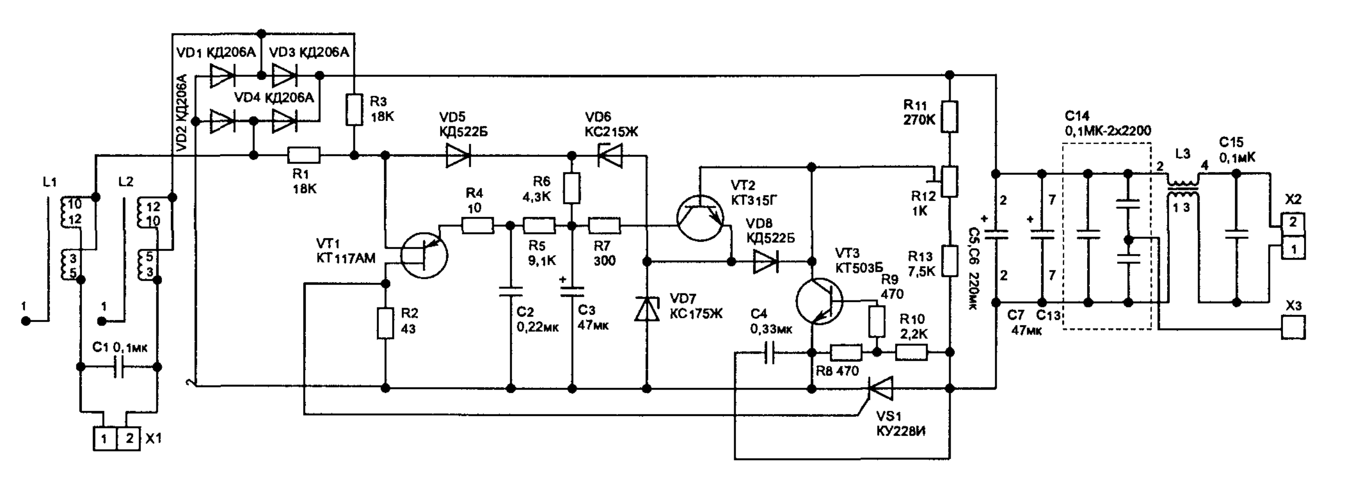


Рис. 5.3. Принципиальная схема стабилизированного выпрямителя напряжения сети

закрывая его в моменты времени, когда выходное напряжение меньше амплитуды сетевого напряжения.

На выходе стабилизированного выпрямителя напряжения сети установлен высокочастотный фильтр C14, C15, L3.

5.3.2. Преобразователь напряжения 3.760.238 (А8)

Преобразователь напряжения осуществляет преобразование постоянного напряжения 250 – 260 В, вырабатываемого стабилизированным выпрямителем напряжения сети, в два высокочастотных сигнала с частотами 22 – 27 кГц: первое – типа “меандр” амплитудой 125 – 130 В, а второе – с широтно-импульсной модуляцией амплитудой 250 – 260 В.

Его принципиальная схема представлена на рис. 5.4.

Она содержит следующие основные узлы:

- первый нерегулируемый полумостовой инвертор на транзисторах VT4, VT5;
- второй нерегулирусмый полумостовой инвертор на транзисторах VT6, VT7;
- два коммутирующих трансформатора Т2 и Т3 с вспомогательными транзисторами VT1, VT3 и VT8, VT9;
- трансформатор Т1, необходимый для ускорения процесса переключения транзисторов VT4, VT5;
- генератор запуска, выполненный на транзисторе VT2, резисторе R3 и конденсаторе C4;
- схему синхронизации и управления работой второго полумостового инвертора (D1.1, D1.2, D2.1 – D2.4, VT12, VT13) с усилителем обратной связи (VT10, VT11, VP1).

Постоянное напряжение 250 – 260 В, полученное после выпрямления сетевого напряжения поступает на контакты 1-2 соединителя X1. Дополнительную фильтрацию осуществляют элементы L1, L2, C1. В первоначальный момент при включении в сеть работа схемы определяется генератором запуска, выполненным на двухбазовом однопереходном транзисторе VT2. Конденсатор C4 заряжается через резистор R3 до тех пор, пока не откроется транзистор VT2. При открывании указанного транзистора конденсатор C4 начинает разряжаться через его переход “эмиттер-база” и обмотку 7-8 трансформатора Т2. Это приводит к появлению импульсов на базах транзисторов VT1, VT3 – VT5. При разряде конденсатора C4 транзистор VT2 закрывается и процесс повторяется до тех пор, пока полумостовой инвертор, образованный транзисторами VT4, VT5 и коммутирующим трансформатором Т2 с транзисторами VT1, VT3, не войдет в режим автогенерации импульсов. Когда это произойдет, то импульсы с коллектора транзистора VT5 поступят через диод VD3 на конденсатор C4 и отключат схему генератора запуска. Транзисторы VT1, VT3, так же как и транзисторы VT4, VT5, переключаются в противофазе друг относительно друга.

Для обеспечения режима автогенерации обмотки трансформатора Т1 включены таким образом, что они образуют положительную обратную связь, вызывающую лавинообразное закрывание и открывание транзисторов VT4, VT5. Таким образом формируются прямоугольные импульсы с частотой 22 – 27 кГц.

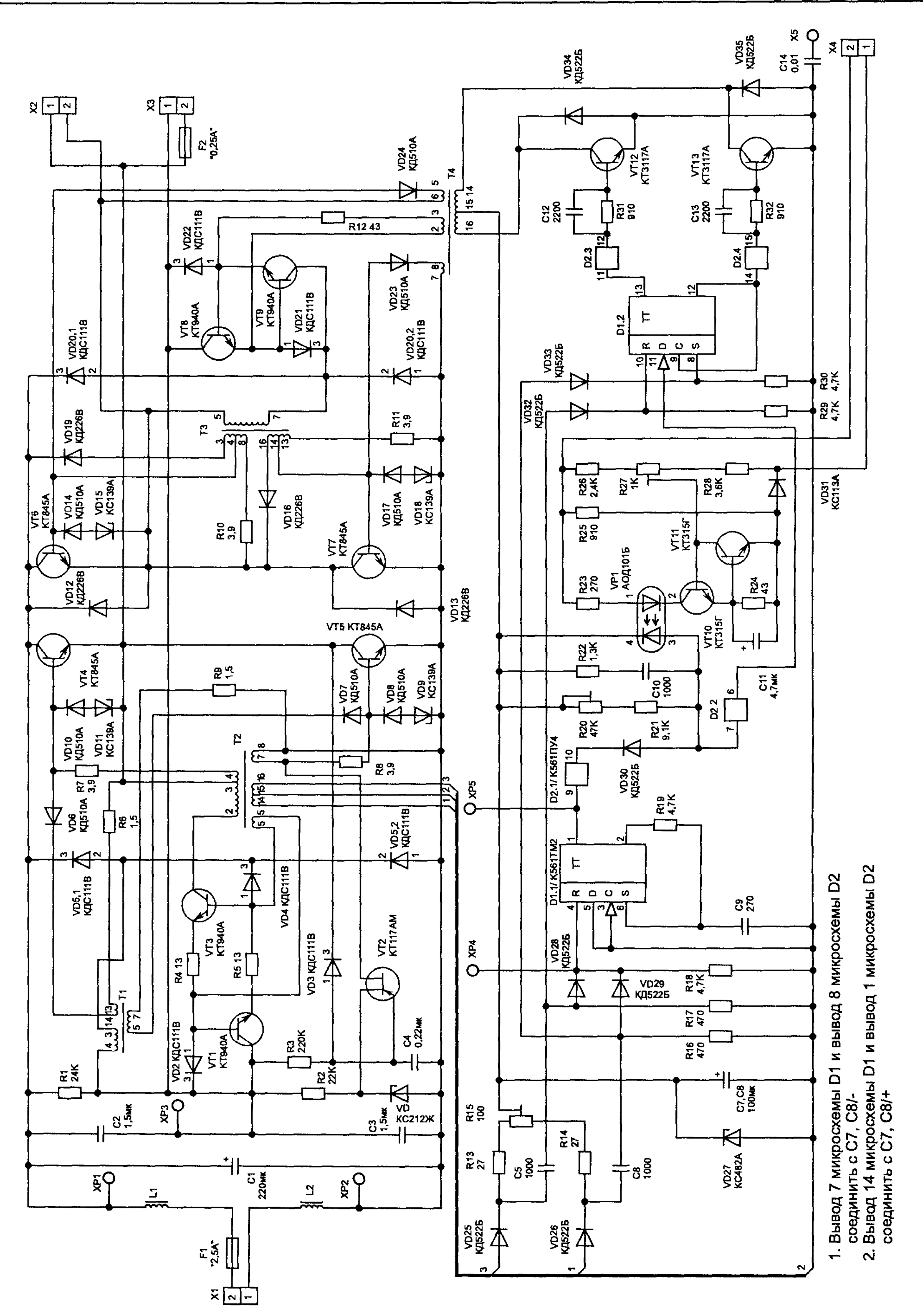


Рис. 5.4. Принципиальная схема преобразователя напряжения.

Эти импульсы с амплитудой 125 – 130 В (половина напряжения, подаваемого на контакты 1-2 соединителя X1) снимаются с разъема X3.

Схема второго нерегулируемого полумостового инвертора на транзисторах VT6, VT7 практически идентична описанной схеме. Отличие заключается в способе запуска. В данном случае работа полумостового инвертора определяется схемой синхронизации и управления, выполненной на элементах D1.1, D1.2, D2.1 – D2.4, VT12, VT13 с усилителем обратной связи VT10, VT11, VD1. Намоточные данные трансформаторов T1 – T4 приведены в табл. 5.1 – 5.4.

Таблица 5.1. Намоточные данные трансформатора T1

Тип магнитопровода	Номера выводов	Число витков	Тип и диаметр провода, мм	Напряжение, В
Ш5×5	1	Корпус	ПЭТВ-2 0,4	
	3 – 4	367	ПЭТВ-2 0,1	120
	5 – 7	16	ПЭТВ-2 0,1	5,0
	13 – 14	16	ПЭТВ-2 0,1	5,0

Таблица 5.2. Намоточные данные трансформатора T2

Тип магнитопровода	Номера выводов	Число витков	Тип и диаметр провода, мм	Напряжение, В
Ш5×5	1	Корпус	ПЭТВ-2 0,4	
	2 – 3	174	ПЭТВ-2 0,1	150
	3 – 4	3	ПЭТВ-2 0,224	2,5
	5 – 6	3	ПЭТВ-2 0,224	2,5
	7 – 8	3	ПЭТВ-2 0,224	2,5
	14 – 15	16	ПЭТВ-2 0,16	13
	15 – 16	16	ПЭТВ-2 0,16	13

Таблица 5.3. Намоточные данные трансформатора T3

Тип магнитопровода	Номера выводов	Число витков	Тип и диаметр провода, мм	Напряжение, В
Ш5×5	1	Корпус	ПЭТВ-2 0,4	
	3 – 4	6	ПЭТВ-2 0,224	2,2
	4 – 8	3	ПЭТВ-2 0,224	1,05
	5 – 7	313	ПЭТВ-2 0,1	115
	13 – 14	3	ПЭТВ-2 0,224	1,05
	14 – 16	6	ПЭТВ-2 0,224	2,1

Таблица 5.4. Намоточные данные трансформатора T4

Тип магнитопровода	Номера выводов	Число витков	Тип и диаметр провода, мм	Напряжение, В
Ш5×5	1	Корпус	ПЭТВ-2 0,4	
	2 – 3	52	ПЭТВ-2 0,08	4
	5 – 6	21	ПЭТВ-2 0,125	1,6
	7 – 8	21	ПЭТВ-2 0,125	1,6
	14 – 15	98	ПЭТВ-2 0,125	8
	15 – 16	98	ПЭТВ-2 0,125	8

Схема управления обеспечивает фазовый сдвиг, регулируемый с помощью усилителя обратной связи, между импульсами ведущего (первого) и ведомого (второго) полумостовых инверторов и, как следствие, регулирование временных параметров импульсной последовательности в соотверствии с законом широтно-импульсной модуляции.

Напряжение питания схемы синхронизации и управления формируется из противофазных импульсных последовательностей амплитудой 13 В, снимаемых с выводов 14 и 16 трансформатора Т2. Вывод 15 этого трансформатора (средняя точка) соединен с общим проводом схемы управления. Таким образом, ее включение и работа возможна только при запуске первого полумостового инвертора.

Указанные импульсные последовательности подаются на двухполупериодный выпрямитель-стабилизатор, построенный на диодах VD25, VD26, регулируемом резисторном сумматоре R13 – R15, стабилитроне VD27 и электролитических конденсаторах С7, С8. С положительными выводами конденсаторов С7, С8 соединены вывод 14 микросхемы D1 и вывод 1 микросхемы D2. Общие выводы (7 и 8 соответственно) этих микросхем соединены с отрицательными выводами указанных конденсаторов.

Импульсные сигналы (противофазные), прошедшие через диоды VD25, VD26, используются также для синхронизации элементов схемы управления. Они поступают через конденсаторы С5 и С6 на два D-триггера микросхемы D1 K561TM2. Во-первых, суммарный сигнал, получаемый с помощью диодов VD28, VD29 и резистора R18, подается на R-вход триггера D1.1 (вывод 4), во-вторых, эти противофазные последовательности импульсов через диоды VD32, VD33 подаются на R- и S-входы триггера D1.2 (выводы 10 и 8 соответственно). Возможные состояния триггеров этой микросхемы в зависимости от комбинации управляющих сигналов приведены в табл. 2.5.

На основе триггера D1.1, который используется как RS-триггер, построен ждущий мультивибратор. Временные параметры формируемых им синхроимпульсов определяются цепью R19, С9. Следующий узел – управляемый генератор пилообразного напряжения (ГПН), задающий параметры широтно-импульсной модуляции. Его составными частями являются конденсатор С10, резисторы R20 – R22, диод VD30 и элемент D2.1 микросхемы преобразователя уровня К561ПУ4. Линейно-нарастающес напряжение получается с помощью заряда конденсатора С10. Фазы заряда и разряда конденсатора определяются состоянием элемента D2.1, работающего в качестве ключа, управляемого сигналом с вывода 1 микросхемы D1.1. Подстроечным резистором R20 устанавливается минимальный фазовый сдвиг между сигналами ведущего (первого) и ведомого (второго) полумостовых инверторов. Кроме того, с помощью усилителя обратной связи (VT10, VT11, VP1) в схему управляемого ГПН через соединитель Х4 вводится напряжение с выходных гнезд источника питания. Это позволяет контролировать, а следовательно, и стабилизировать величину этого напряжения. Управление параметрами ГПН осуществляется по схеме с оптоэлектронной развязкой цепей. При этом величина выходного напряжения может устанавливаться резистором R27.

Сигнал с выхода ГПН поступает далее на вывод 7 элемента D2.2, где преобразуется в прямоугольные импульсы, длительность которых изменяется синхронно с параметрами пилообразного напряжения. Вывод 6 этого элемента соединен с синхровходом D-триггера D1.2, который включен по схеме счетного триггера (объединены вывод 9 “D” и инверсный выход 12). Кроме того, как указывалось выше, этот триггер управляется по RS-входам импульсами, соответствующими выходным импульсам первого полумостового инвертора. Таким образом осуществляется формирование двух противофазных сигналов с широтно-импульсной модуляцией, которые снимаются с выводов 13 и 12 элемента D1.2 и через формирователи D2.3 и D2.4 подаются на усилитель мощности. Этот усилитель выполнен на транзисторах VT12 и VT14 и нагружен на обмотку 14 – 16 трансформатора Т4. Вторичные обмотки трансформатора Т4 соединены с базами ключевых транзисторов VT6 – VT9 второго полумостового инвертора. Это обеспечивает жесткую синхронизацию его работы.

Выходное напряжение второго полумостового инвертора снимается с разъема Х2.

5.3.3. Силовой выпрямитель 3.760.246 (А6)

Силовой выпрямитель, принципиальная схема которого приведена на рис.5.5, обеспечивает гальваническую развязку и выпрямление широтно-модулированного напряжения, поступающего с преобразователя напряжения.

Входное высокочастотное широтно-модулированное напряжение поступает через разъем Х1 (1, 2) на первичную обмотку трансформатора Т1 (7, 8). Со вторичной обмотки этого трансформатора пониженное напряжение поступает через дроссели L1 и L2 на двухполупериодный выпрямитель, собранный на диодах VD1 и VD2.

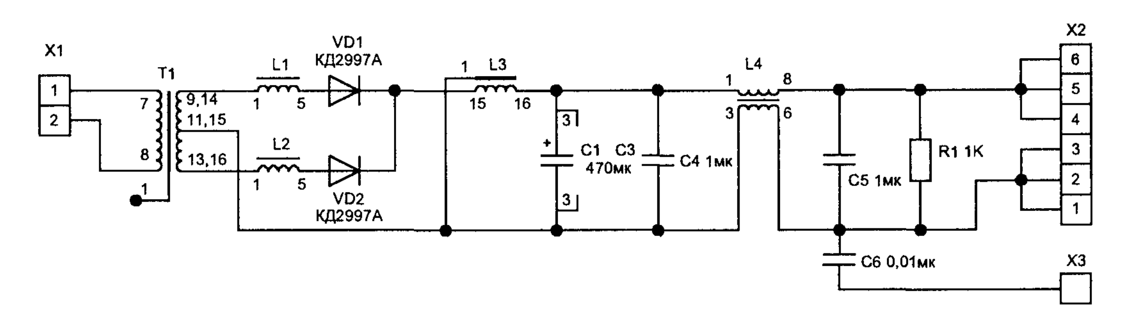


Рис. 5.5. Принципиальная схема силового выпрямителя

Выпрямленное напряжение через дроссели L3 и L4 и разъем X2 (4, 5, 6) поступает на коллектор регулирующего транзистора VT1, расположенного на задней панели прибора. Дроссели L1 – L4 и конденсаторы C1 – C3 обеспечивают необходимую фильтрацию выпрямленного напряжения. Конденсаторы C4, C5, C6 уменьшают импульсные помехи на выходе силового выпрямителя.

Намоточные данные трансформатора T1 приведены в табл. 5.5.

Таблица 5.5. Намоточные данные трансформатора T1

Тип магнитопровода	Номера выводов	Число витков	Тип и диаметр провода, мм	Напряжение, В
Ш16×20	1	Корпус	ПЭТВ-2 0,4	–
	7 – 8	63	ЛЭП 70×0,10	240
	3	Экран	ДПРНТ МДМЗ 0,05×35	
	9, 14 – 11,15	24	ДПРНТ МДМЗ 0,10×35	40,8
	11, 15 – 13, 16	24	ДПРНТ МДМЗ 0,10×35	40,8

5.3.4. Вспомогательные источники питания 3.760.243 (А5)

Вспомогательные источники обеспечивают питание прибора стабилизированным напряжением ±15В, ±5В и нестабилизированным напряжением +(40 – 50) В. Их принципиальная схема приведена на рис. 5.6.

Прямоугольные импульсы с частотой следования (20 – 30)кГц и амплитудой (125 – 130)В с платы преобразователя напряжения поступают через разъем X1 на первичную обмотку трансформатора T1(8, 9). Со вторичной обмотки трансформатора T1(21, 16, 22, 17) переменное напряжение поступает на вход двухполупериодного выпрямителя, собранного на диодах VD3 – VD6.

Пульсации выпрямленного напряжения сглаживаются с помощью емкостных фильтров C1, C3. Высокочастотные помехи сглаживаются с помощью емкостных фильтров C7, C9.

Выпрямленное и сглаженное напряжение поступает на вход стабилизатора напряжения D1 (15, 6), обеспечивающего питание аналоговых микросхем прибора через разъем X2 (4, 1) стабилизированным напряжением ±15В, которое снимается с выхода D1 (выводы 18, 4). Конденсаторы C17, C19 обеспечивают сглаживание напряжения стабилизатора напряжения.

Аналогичным образом работает стабилизатор, выполненный на микросхеме D2, обеспечивающий напряжение питания ±15В для встроенного в источник питания цифрового вольтметра.

Источник питания +5В с емкостным фильтром выполнен на микросхеме D3, с выхода которой (вывод 2) стабильное напряжение +5В через разъем X1 (1) подается для питания цифровых микросхем прибора.

Со вторичной обмотки трансформатора T1 (15, 21, 16, 22, 17) переменное напряжение подается через резисторы R1 и R2 на вход двухполупериодного выпрямителя, выполненного на диодах VD1 и VD2. Выпрямленное напряжение величиной +(40 – 50)В сглаживается фильтром, выполненным на конденсаторах C5, C11, C3 и C22 и через разъем X2(3) подается для питания предварительного усилителя.

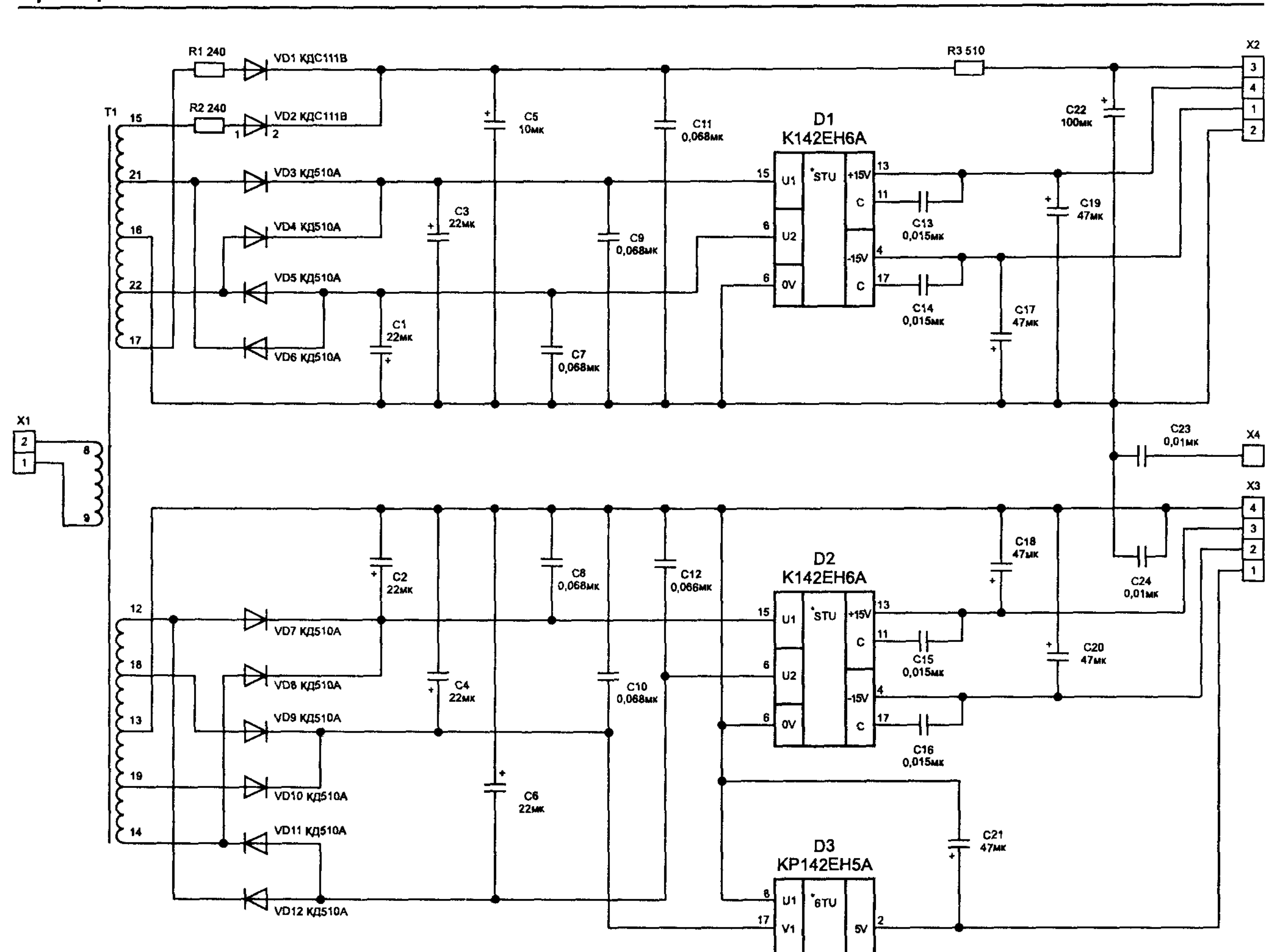


Рис. 5.6. Принципиальная схема вспомогательных источников питания

Намоточные данные трансформатора T1 приведены в табл. 5.6.

Таблица 5.6. Намоточные данные трансформатора T1

Тип магнитопровода	Номера выводов	Число витков	Тип и диаметр провода, мм	Напряжение, В
Ш6×6	1	Корпус	ПЭТВ-2 0,4	
	8–9	185	ПЭТВ-2 0,16	126
	15–21	61	ПЭТВ-2 0,08	41,2
	21–16	31	ПЭТВ-2 0,16	20,8
	16–22	31	ПЭТВ-2 0,16	20,8
	22–17	61	ПЭТВ-2 0,08	41,2
	12–18	15	ПЭТВ-2 0,08	10,1
	18–13	15	ПЭТВ-2 0,2	10,1
	13–19	15	ПЭТВ-2 0,2	10,1

5.3.5. Усилители мощности и схема регулируемой защиты выхода 3.760.239 (А3)

Выходы усилителей обратной связи по напряжению и току D2 (10), D3 (10) подключены через резистор R16, диод VD5 и разъем X3(1) к базе согласующего транзистора VT1 (через резистор R1) платы усилителя мощности и схемы регулируемой защиты выхода. Принципиальная схема этих узлов приведена на рис. 5.7.

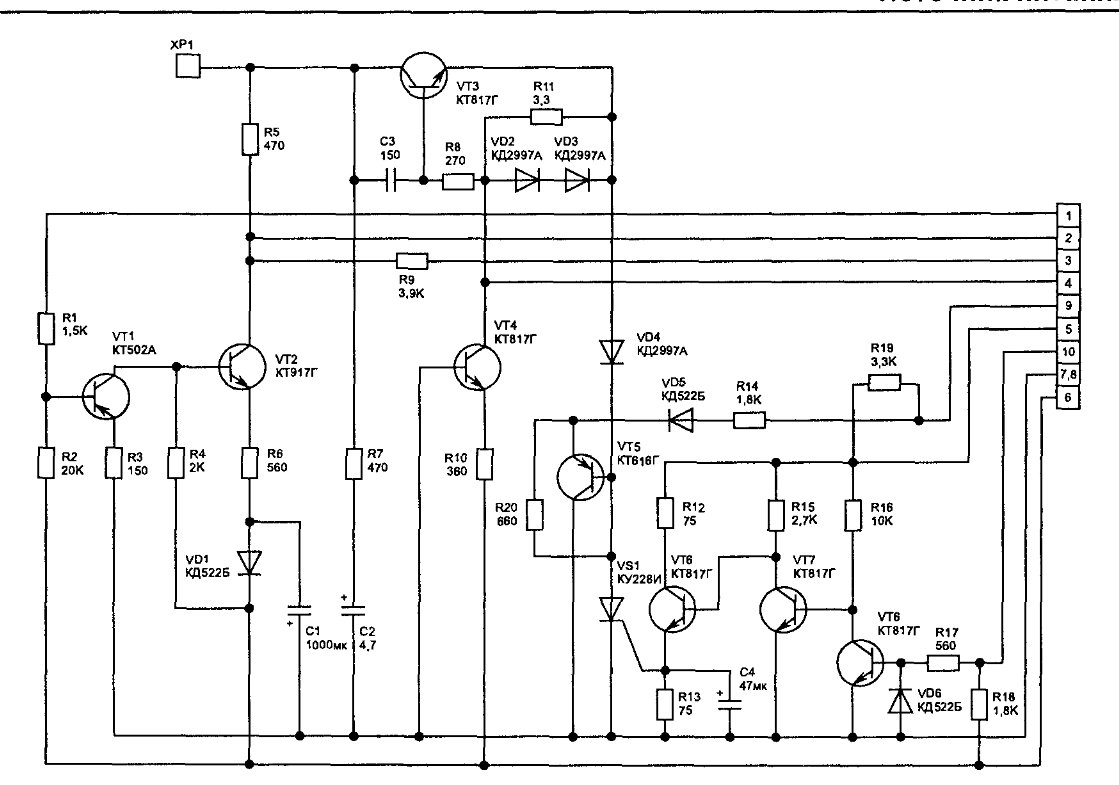


Рис. 5.7. Принципиальная схема усилителя мощности и схемы регулируемой защиты выхода

Усилитель мощности, собранный на транзисторе VT2, управляет через резистор R5 регулирующим транзистором VT1, расположенным на задней панели прибора. Конденсатор C1 и диод VD1 исключают броски напряжения на выходе прибора.

Транзистор VT4 и резистор R10 обеспечивают устойчивую работу прибора на холостом ходу при любых напряжениях выхода и стабилизирует ток на уровне 40 – 60мА, достаточном для работы регулирующего транзистора в условиях повышенной температуры.

Схема регулируемой защиты выхода прибора от перенапряжения работает следующим образом. При помощи переменного резистора R29 “ОГРАНИЧЕНИЕ U”, расположенного на передней панели прибора, на базе транзистора VT8 устанавливается управляющее напряжение. При превышении выходного напряжения, заданного резистором R29, транзисторы VT8 и VT6 открываются и на эмиттере транзистора VT6 появляется положительное напряжение, которое подается на управляемый электрод тиристора VS1. Этот тиристор открывается и “закорачивает” выходные клеммы прибора.

Транзистор VT3, диоды VD2, VD3 и резисторы R8 и R11 обеспечивают ограничение тока тиристора VS1. При включении тиристора открывается диод VD5 и напряжение через резистор R14 подается на индикатор VD8 “ОГРАНИЧЕНИЕ U”, расположенный на передней панели прибора.

5.3.6. Усилители обратной связи по напряжению и току 3.760.241 (А2)

Принципиальная схема усилителей обратной связи приведена на рис. 5.8.

Регулировка выходного напряжения источника питания и установление режима стабилизации напряжения осуществляется при помощи переменного резистора R20 “U”, расположенного на плате управления и измерения и включенного между выходом и входом операционного усилителя D2. С выхода усилителя D2 (10) напряжение поступает через резистор R16 и разъемы X3 (1), X2 (блок A1) и резистор R25 на переменный резистор R20 “U”.

С движка переменного резистора R20 “U” напряжение обратной связи поступает через разъем X2 (5) платы A2 и резистор R13 на вход усилителя D2 (4). Регулируемое напряжение обратной связи также поступает через резистор R16 и разъем X3(1) на базу транзистора VT1 через разъем X4(1) и резистор R1 платы усилителя мощности и схемы защиты выхода.

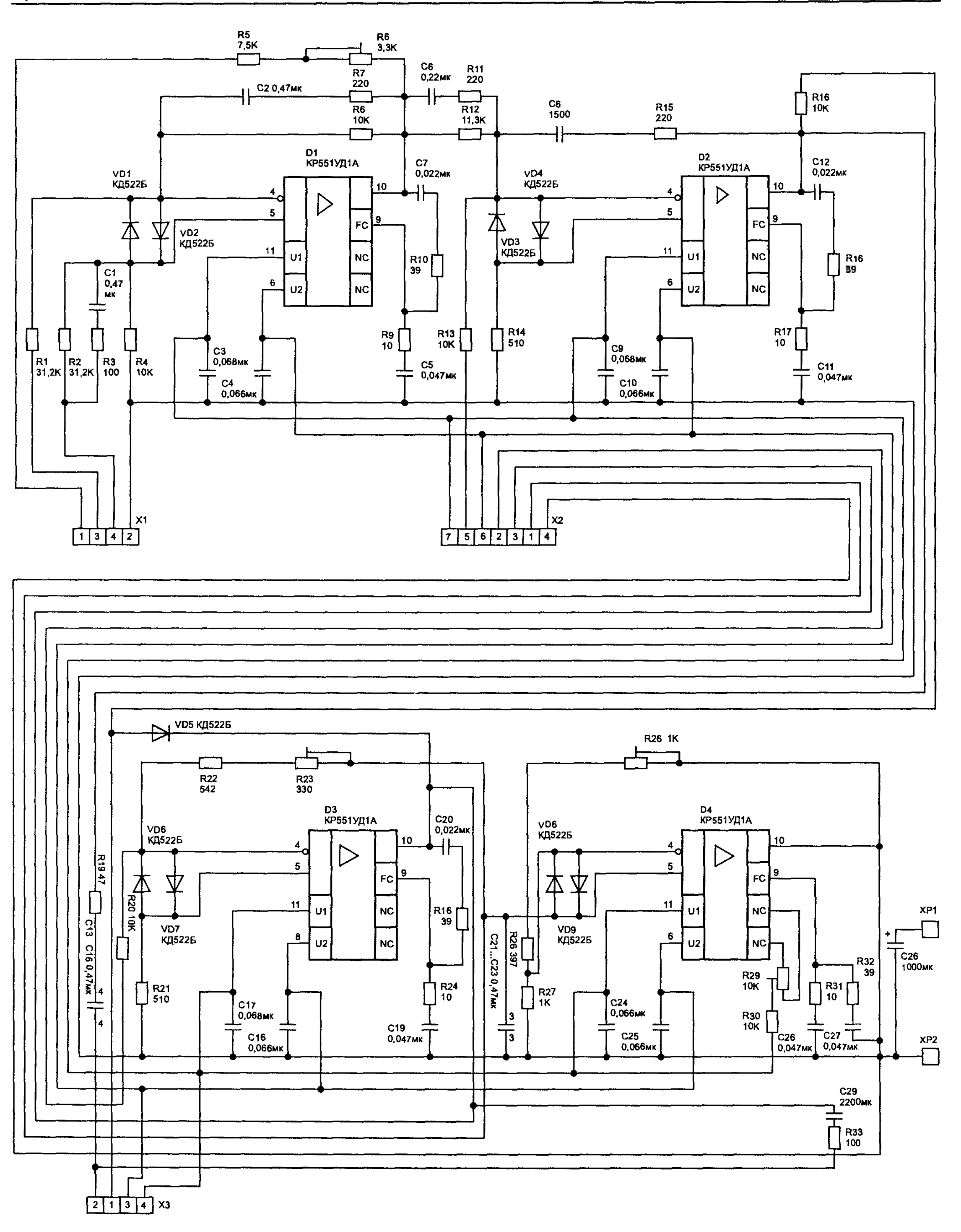


Рис. 5.8. Принципиальная схема усилителей обратной связи

Транзисторы VT1 и VT2 управляют мощным регулирующим транзистором VT1 и тем самым устанавливают на выходе прибора необходимое стабильное напряжение.

Компенсация падения напряжения на датчике тока AP1, AP2, включенного в отрицательную шину прибора, осуществляется при помощи дифференциального усилителя D1 (A2).

С выходных клемм прибора через разъем X4 (1,2; 4,5) платы управления и измерения (A1) напряжение поступает через разъем X1(3, 4) и резисторы R1 и R2 на вход дифференциального усилителя D1(4, 5).

Напряжение на выходе усилителя D1 определяется отношением резисторов R8, R1, R2, R4 с коэффициентом передачи 3.

Усиленное дифференциальным усилителем D1 напряжение, пропорциональное выходному напряжению, поступает на вход усилителя обратной связи D2, где сравнивается с напряжением, поступающим с переменного резистора R20 "U" (A1).

При работе источника питания в режиме стабилизации тока напряжение с переменного резистора R23 "I"(A1) поступает через разъем X2(2) на инвертирующий вход усилителя обратной связи по току D3(4).

Напряжение на инвертирующем входе усилителя D3(4) определяется величиной резисторов R22 и R23. Когда напряжение, снимаемое с датчика тока AP1, AP2, превысит уровень, установленный переменным резистором R23, усилитель включается и напряжение через разъем X2 (3) поступает на базу транзистора VT1 платы управления и измерения (A1). При этом засвечивается индикатор "РЕЖИМ I" (диод VD7).

Выход усилителя обратной связи по току D3 (10) подключен через диод VD5 и разъем X3(1) к базе транзистора VT1 платы усилителя мощности и схемы регулируемой защиты выхода (A3). Диод VD5 исключает влияние усилителя тока (D3) на работу усилителя обратной связи по напряжению при работе источника питания в режиме стабилизации напряжения.

Измерение величины выходного тока прибора осуществляется при помощи операционного усилителя D4 путем подключения его входа через разъем X2(1) к датчику тока AP1, AP2, включенного в отрицательную шину.

Выход 10 микросхемы D4 подключен через разъем X2(4) ко входу встроенного цифрового вольтметра. Максимальное и нулевое значения выходного измеряемого тока устанавливаются при помощи переменных резисторов R28 и R29 соответственно.

В режиме измерения выходного напряжения прибора к выходу дифференциального усилителя D1 (10) через резисторы R5 и R6 и разъем X1(1) подключается вход встроенного цифрового вольтметра.

5.3.7. Устройство управления и измерения 3.760.242-02 (A1)

Принципиальная схема устройства управления и измерения представлена на рис. 5.9. Она включает в себя цифровой вольтметр и блок индикации.

Цифровой вольтметр собран на базе ИМС аналого-цифрового преобразователя КР572ПВ2А. По принципу работы этот преобразователь относится к АЦП последовательного счета с двойным интегрированием, что позволяет существенно упростить при необходимости процесс синхронизации от сети, а следовательно, и уменьшить погрешности, вызванные сетевыми наводками и помехами. Кроме того, в данной ИМС имеются цепи автоматической коррекции нуля и автоматического определения полярности входного сигнала. Возможно задание двух пределов преобразования-измерения самой микросхемы: ±1,999 В и ±199,9 мВ. При необходимости измерения больших напряжений используется внешний делитель. Время цикла преобразования при тактовой частоте 50 кГц составляет 300 мс.

В состав ИМС КР572ПВ2А входят аналоговые КМОП-схемы компаратора и операционных усилителей, а также цифровые КМОП-схемы, поэтому ток, потребляемый микросхемой, очень мал и составляет 1,8 мА, а входное сопротивление – до 20 МОм. Максимальная погрешность преобразователя составляет ±1 %.

В табл. 5.7 приведено описание выводов АЦП КР572ПВ2А.

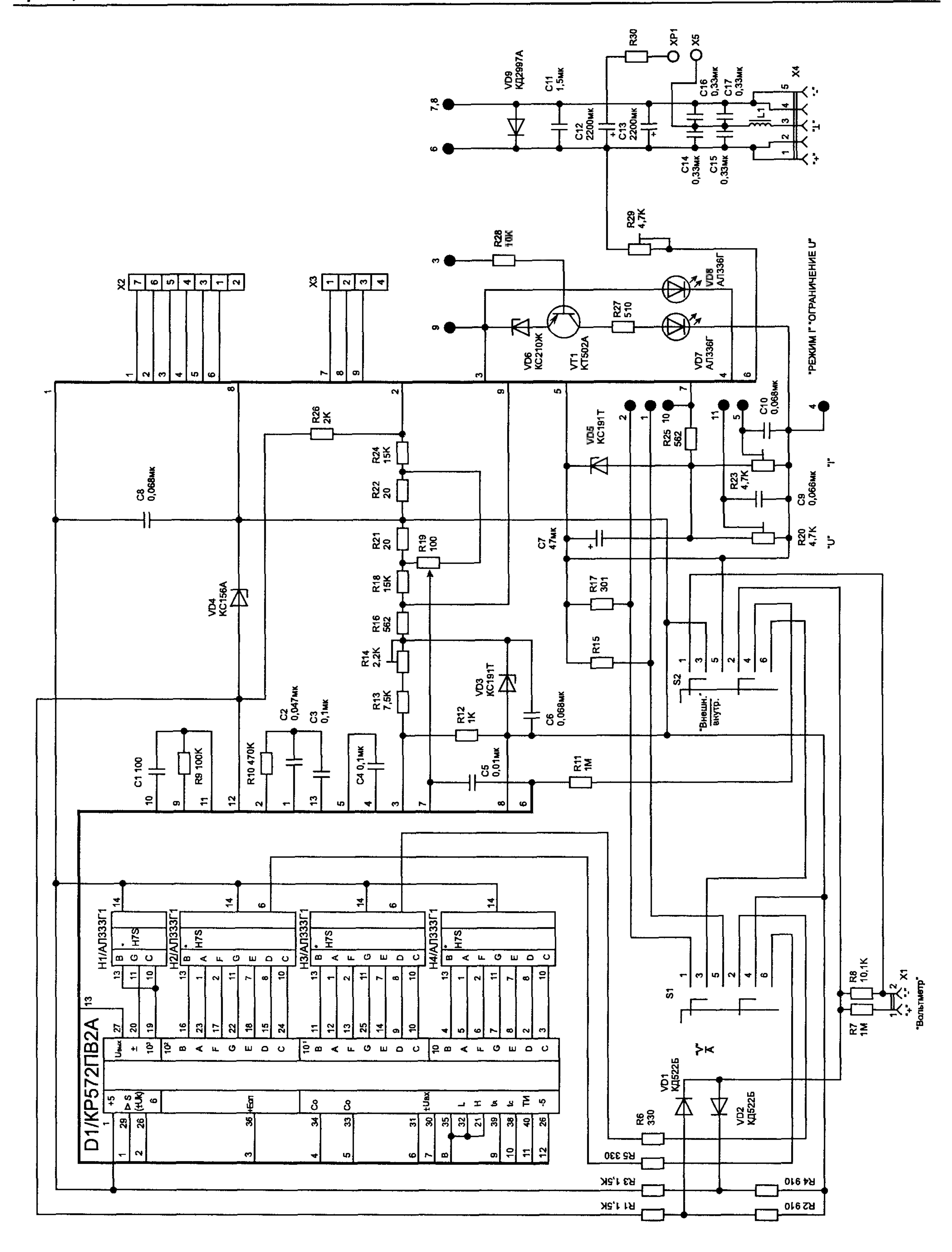


Рис. 5.9. Принципиальная схема устройства управления и измерения

Таблица 5.7. Описание выводов АЦП КР572ПВ2А

Номер вывода	Назначение
1	Напряжение питания $U_{п1}$ (+5 В)
2	Цифровой выход d_1
3	Цифровой выход c_1
4	Цифровой выход b_1
5	Цифровой выход a_1
6	Цифровой выход f_1
7	Цифровой выход g_1
8	Цифровой выход e_1
9	Цифровой выход d_{10}
10	Цифровой выход c_{10}
11	Цифровой выход b_{10}
12	Цифровой выход a_{10}
13	Цифровой выход f_{10}
14	Цифровой выход e_{10}
15	Цифровой выход d_{100}
16	Цифровой выход b_{100}
17	Цифровой выход f_{100}
18	Цифровой выход e_{100}
19	Цифровой выход bc_{1000}
20	Цифровой выход g_{1000}
21	Общий провод
22	Цифровой выход g_{100}
23	Цифровой выход a_{100}
24	Цифровой выход c_{100}
25	Цифровой выход g_{10}
26	Напряжение питания $U_{п2}$ (-5 В)
27	Конденсатор интегратора
28	Резистор интегратора
29	Конденсатор автокоррекции
30	Аналоговый вход (-)
31	Аналоговый вход (+)
32	Общий аналоговый выход
33	Опорный конденсатор
34	Опорный конденсатор
35	Опорное напряжение (-)
36	Опорное напряжение (+)
37	Контрольный вход
38	Конденсатор генератора тактовых импульсов
39	Резистор генератора тактовых импульсов
40	Вывод генератора тактовых импульсов

Микросхема имеет дифференциальные входы (30, 31) и поэтому обладает высокой степенью ослабления синфазного сигнала (до 100 дБ).

К выводам 38 – 40 подключена цепь C1, R9, определяющая частоту тактовых импульсов внутреннего генератора. Значение частоты можно определить по формуле:

$$f_T = 0{,}45/(R9 \cdot C1).$$

При параметрах, указанных в схеме R9 = 100 кОм, C1 = 100 пФ, частота равна 50 кГц.

Конденсатор C4, включенный между выводами 33 и 34, является опорным. Постоянную времени интегратора АЦП определяют элементы C3 и R10, подключенные к выводам 27 и 28, а конденсатор C2 (вывод 29) является элементом схемы автокоррекции.

В качестве опорного используется напряжение 9,1 В, формируемое с помощью стабилитрона VD3. Падение напряжения на резисторе R12 должно составлять 1 В. Эта величина устанавливается подстроечным резистором R14.

Напряжение питания +5 В поступает на вывод 1 ИМС D1 и на выводы 14 индикаторов H1 – H4 с контакта 7 соединителя X2. Напряжение -5 В получается после стабилизации на элементах R26, VD4 и подается на вывод 26 микросхемы D1.

Подстройка нуля цифрового вольтметра осуществляется с помощью переменного резистора R19, входящего в делитель R18 R19 R21 R22 R24. При этом изменяется режим работы дифференциального каскада, являющегося первым узлом АЦП.

Входное измеряемое напряжение вольтметра может быть как внутренним, так и внешним. Переключение источников производится коммутатором S2. Внешний сигнал подводится к клеммам X1 в соответствии с указанной полярностью. Подлежащее измерению напряжение подается через резистор R11 на вывод 31 ИМС D1.

При измерении силы тока, отдаваемого источником питания, коммутатор S1 следует перевести в нижнее по схеме положение. При этом замыкаются его контакты 3-5 и 4-6.

Защита входных каскадов от повышенного входного напряжения, не укладывающегося в рабочие пределы АЦП, осуществляется схемой ограничения, собранной на диодах VD1, VD2 и резисторах R1 – R4. Указанные резисторы попарно выполняют роль делителей напряжений ±5 В и задают потенциалы, закрывающие диоды VD1 и VD2. При превышении входным напряжением установленного предела соответствующий диод открывается и вход оказывается “закороченным” на общий провод.

Цифровая информация на выходе АЦП представляется в семиразрядном коде. При этом 3,5-декадный индикатор, выполненный на элементах H1 – H4 АЛС333Г1, подключается непосредственно к выводам микросхемы D1. На выводе 20 АЦП формируется сигнал знака напряжения. В соответствии с ним загорается или гаснет сегмент G элемента H1. Переключение индицируемой точки производится коммутатором S1 “V/A”.

Принципиальная схема индикаторов АЛС333Г1 показана на рис. 5.10.

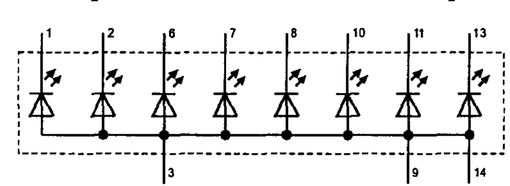


Рис. 5.10. Схема индикатора АЛС333Г1

Светодиоды сегментов A – G и точки H включены по схеме с объединением анодов, на которые через вывод 14 подается напряжение +5 В. Для зажигания тех или иных сегментов необходимо формирование на цифровых выходах АЦП сигналов низкого логического уровня.

При работе с аналого-цифровым преобразователем КР572ПВ2А следует соблюдать правила подачи напряжения и защиты. Максимальные напряжения питания составляют: $U_{п1}$ = +5,5 В, а $U_{п2}$ = -8 В. Допустимое значение статического потенциала рано 30 В, поэтому важно соблюдать осторожность в отношении пробоя статическим электричеством. Рекомендуется такой порядок подключения напряжений микросхемы при монтаже:

1. Потенциал общего провода;
2. Напряжение питания;
3. Опорное напряжение;
4. Напряжение цифровых выходов.

Порядок снятия напряжений при демонтаже – обратный. Незадействованные выводы микросхемы следует заземлять.

Рассмотрим элементы схемы, которые относятся к устройству управления. Установку выходного напряжения блока питания производят переменным резистором R20 (“U”), а выходного тока – перемен-

ным резистором R23 (“I”). Для обеспечения стабильности этих управляющих потенциалов служит стабилизатор, выполненный на элементах R25, VD5, C7. Дополнительно параллельно подвижным контактам резисторов R20 и R23 установлены помехозащищающие конденсаторы C9 и C10.

Схема, собранная на элементах R27, VD6, VD7, VT3, обеспечивает индикацию блока питания в режиме стабилизации тока “РЕЖИМ I”. Сигнал с платы усилителей (с выхода усилителя D3) открывает транзистор VT3, что в свою очередь приводит к зажиганию светодиода VD7.

Режим ограничения по напряжению “ОГРАНИЧЕНИЕ U” включается, когда срабатывает тиристор VS1. При этом зажигается светодиод VD8. Напряжение срабатывания этой схемы можно регулировать резистором R29, выведенным на переднюю панель блока питания под шлиц.

Выходное напряжение блока питания Б5-71 выводится на контакты разъема X4. Для дополнительной фильтрации использованы конденсаторы C11 – C17. Защиту выходных цепей, а также цепей потребителя от “переполюсовки”, обеспечивает диод VD9.

5.4. Техническое обслуживание прибора

Техническое обслуживание прибора включает в себя мероприятия по осмотру внешнего состояния (проводится один раз в год), внутреннего состояния (проводится один раз в два года) и поверке прибора, которая проводится один раз в год. При внутреннем осмотре проверяются крепления узлов, качество работы переключателей, состояние паек, контактов, удаляется пыль и коррозия. После внешнего осмотра и профилактических работ должна быть проведена поверка прибора.

В табл. 5.8 приведены основные технические характеристики контрольно-измерительных приборов, рекомендованных предприятием-изготовителем для проведения поверки источника питания.

Радиоизмерительные приборы, используемые для поверки источника питания Б5-71 должны быть сами поверены, о чем в их формулярах (паспортах) делается специальная отметка.

Таблица 5.8. Технические характеристики контрольно-измерительных приборов

Наименование прибора	Тип прибора	Технические характеристики	
		Пределы измерения	Погрешность, %
Вольтметр универсальный цифровой	В7-38	0 – 100В	0,2
Микровольтметр	В3-57	0,1 – 1мВ	1,5 – 4
Осциллограф универсальный	С1-114	10 – 50мВ	±10
Катушка сопротивления безреактивная		0,01 дм	0,01
Источник постоянного тока	Б5-50	0 – 100В	

Поверка прибора производится в соответствии с перечнем операций, указанных в табл. 5.9.

Таблица 5.9. Перечень операций при поверке прибора

Наименование операции	Поверенная отметка	Допускаемое значение погрешности	Средства поверки	
			Образцовые	Вспомогательные
Внешний осмотр				
Опробование				
Определение метрологических параметров: Основная погрешность индикации выходного напряжения	30В 3В	±200мВ ±200мВ	В7 – 38	

Наименование операции	Поверенная отметка	Допускаемое значение погрешности	Средства поверки	
			Образцовые	Вспомогательные
Основная погрешность индикации выходного тока	10А 1А	±40мА ±40мА	Р – 310 В7 – 38	РСП
Основная погрешность индикации внешнего напряжения	100В	±1200мВ	В7 – 38	
Пульсации выходного напряжения в режиме стабилизации напряжения	30В 9А	1мВ (эфф.), 25мВ (ампл.)	В7 - 38	В3 - 57

5.4.1. Опробование прибора

Перед проведением опробования источника питания Б5-71 необходимо произвести следующие операции:

1. Тумблер “Сеть ВКЛ” установить в нижнее положение.
2. Переключатель “V/A” установить в положение“V”.
3. Ручку установки величины выходного напряжения “U” поставить в крайнее левое положение.
4. Ручку установки уровня ограничения напряжения “Ограничение U” поставить в крайнее правое положение.
5. Ручку установки величины выходного тока “РЕЖИМ I” поставить в крайнее правое положение.
6. Переключатель “Внешн/Внутр” установить в положение “Внутр”.

Опробование прибора произвести в следующей последовательности:

1. Включить прибор путем установки переключателя “Сеть ВКЛ” в верхнее положение. При этом должен засветиться цифровой индикатор. Плавно вращая ручку “U” вправо, по цифровому индикатору убедиться, что выходное напряжение регулируется в пределах от 0 до 30В.
2. Установить ручку “U” в крайнее левое положение, а переключатель “V/A” – в положение “A”.
3. Перемкнуть между собой выходные клеммы прибора “+” и “–”. Прибор должен перейти в режим стабилизации тока, при этом должен засветиться индикатор “РЕЖИМ I”.
4. Плавно вращая ручку “U” до крайнего правого положения, по цифровому индикатору убедиться, что устанавливается максимально возможный выходной ток.
5. Установить органы управления прибора в следующие положения:

   Ручку “I” – в крайнее правое.
   Переключатель “V/A” – в положение “V”
   Ручку “ОГРАНИЧЕНИЕ U” – в крайнее правое положение.

6. Установить ручкой “U” желаемый уровень ограничения выходного напряжения. Плавно вращая ручку “ОГРАНИЧЕНИЕ U” влево, добиться срабатывания защиты от перенапряжения. При этом должен засветиться индикатор “ОГРАНИЧЕНИЕ U”, а цифровой индикатор должен показать значение от перенапряжения 1,2 – 4 В.
7. Установить ручку “U” в крайнее левое положение, при этом индикатор “ОГРАНИЧЕНИЕ U” должен погаснуть, а цифровой индикатор высветит показание “0,00 В”.
8. Вращая ручку “U” вправо, убедиться, что напряжение на выходе прибора не может быть больше установленного уровня ограничения.

5.4.2. Определение основной погрешности индикации выходного напряжения, выходного тока, внешнего напряжения и пульсации выходного напряжения

Основные погрешности индикации выходного напряжения, тока, внешнего напряжения и пульсации выходного напряжения определяются согласно электрической схеме, приведенной на рис 5.11.

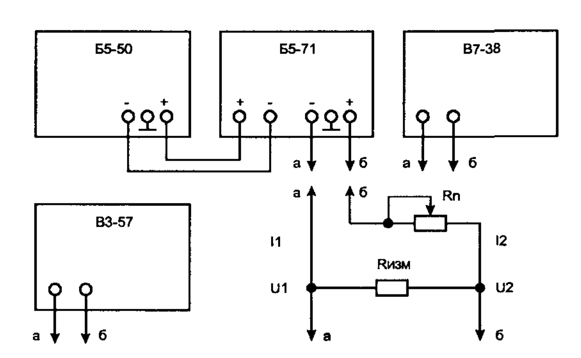


Рис. 5.11. Электрическая схема подключения приборов для измерения основной погрешности индикации выходного напряжения, тока, внешнего напряжения и пульсации выходного напряжения

Основную погрешность выходного напряжения в режиме стабилизации напряжения проводят при помощи цифрового вольтметра В7-38 путем измерения напряжения на выходных клеммах прибора.

Основную погрешность индикации выходного напряжения рассчитывают по формуле:

$$\Delta U = U_{изм} - U_{инд},$$

где Uизм – величина выходного напряжения, измеренная цифровым вольтметром;
Uинд – показания цифрового индикатора на передней панели прибора.

Результаты считаются удовлетворительными, если погрешность индикации выходного напряжения соответствует требованиям, указанным в п. 5.1.

Основную погрешность индикации выходного тока рассчитывают по формуле:

$$\Delta I = I_{изм} - I_{инд},$$

где Iизм = Uизм/Rизм – показания цифрового вольтметра В7-38 на измерительной катушке Р310(Rизм);
Iинд – показания цифрового индикатора на передней панели прибора.

Результаты считаются удовлетворительными, если погрешность индикации выходного тока соответствует требованиям, указанным в п. 5.1.

При определении основной погрешности индикации внешнего напряжения используется источник питания Б5-50. Переключатель источника питания Б5-71 “Внешн/Внутр” следует поставить в положение “Внешн”, а на выходе источника питания Б5-50 установить напряжение 100В.

Рассчитать основную погрешность индикации внешнего напряжения аналогично расчету основной погрешности индикации выходного напряжения источника питания Б5-71.

Результаты считаются удовлетворительными, если погрешность индикации внешнего напряжения соответствует требованиям, указанным в п. 5.1.

Определение пульсаций выходного напряжения прибора в режиме стабилизации напряжения проводится при помощи микровольтметра В3-57 путем измерения на выходных клеммах прибора эффективного значения пульсаций, а при помощи осциллографа С1-114 – амплитудного значения пульсации.

Измерение пульсаций выходного напряжения проводят при выходном напряжении 30 В и токе нагрузки 9 А.

Результаты считаются удовлетворительными, если величина пульсации соответствует требованиям, указанным в п. 5.1.

5.5. Ремонт прибора

Ниже приводятся характерные неисправности источника питания Б5-71 и алгоритмы их поиска и устранения.

Отсутствует напряжение +(40 – 50)В на выходе платы А5 (разъем Х2, контакты 3,2)

Возможная причина: неисправны трансформатор Т1, диоды VD1, VD2, резисторы R1, R2, R3, плата преобразователя напряжения А8, либо имеются скрытые дефекты в монтаже.

Алгоритм поиска неисправностей:

Проверить при помощи осциллографа с делителем напряжения 1:10 наличие высокочастотного импульсного напряжения с амплитудой 120 – 130 В и частотой 20 – 30 кГц на разъеме Х1 (1, 2) платы А5. Если напряжения нет, следует устранить неисправность в плате А8. Если напряжение имеется, проверить при помощи омметра исправность выпрямительных диодов VD1, VD2 и резисторов R1, R2, R3, а также исправность первичной и вторичной обмоток трансформатора Т1.

Отсутствует стабильное напряжение ±15 В на выходе платы А5 (разъем Х3, контакты 2, 3) и +5 В на разъеме Х3 (1)

Возможная причина: неисправны микросхемы D2, D3, выпрямительные диоды VD7 – VD12, трансформатор Т1, плата преобразователя напряжения А8.

Алгоритм поиска неисправностей:

1. Проверить при помощи осциллографа с делителем напряжения 1:10 наличие высокочастотных импульсов с амплитудой 120 – 130 В и частотой 20 – 30 кГц. В случае их отсутствия устранить неисправность в плате А8.
2. Проверить при помощи омметра исправность первичной и вторичной обмоток трансформатора Т1, выпрямительных диодов VD7 – VD12 и в случае неисправности заменить их на заведомо работоспособные.
3. Проверить наличие постоянных напряжений на входах микросхем D2 и D3.В случае наличия постоянных напряжений на входах микросхем D2 (15, 8) и D3 (17) заменить микросхемы D2 и D3 на заведомо исправные.

Отсутствует постоянное напряжение на выходе платы А6 (разъем Х2, контакты 6, 5, 4 и 3, 2, 1)

Возможная причина: неисправны дроссели L1, L2, L3, L4, выпрямительные диоды VD1, VD2, трансформатор Т1, плата преобразователя напряжения А8.

Алгоритм поиска неисправностей:

1. Проверить при помощи осциллографа с делителем напряжения 1:10 наличие высокочастотных широтно-модулированных импульсов с амплитудой 250 – 260В и частотой 20 – 30кГц на разъеме Х2 (1, 2) платы А6. В случае их отсутствия устранить неисправность в плате А8.
2. В случае их наличия при помощи омметра проверить исправность первичной и вторичной обмоток трансформатора Т1, исправность обмоток дросселей L1, L2, L3, L4, выпрямительных диодов VD1, VD2.

Отсутствует стабильное постоянное напряжение 250 – 260В на выходе платы А7 (разъем Х2, контакты 1, 2)

Возможная причина: неисправны трансформатор Т1, выпрямительные диоды VD1 – VD4, дроссель L3.

Алгоритм поиска неисправностей:

1. Проверить при помощи осциллографа с делителем напряжения 1:10 наличие переменного напряжения 250 – 260В с частотой питающей сети на первичной обмотке трансформатора Т1(L1). В случае его отсутствия проверить при помощи омметра исправность разъема Х1. В случае исправности разъема Х1 устранить неисправность сетевого фильтра (А4).
2. Проверить при помощи омметра исправность выпрямительных диодов VD1 – VD4 и обмоток дросселя L3 (2, 4 и 3, 1).

На выходе платы A7 (разъем X2, контакты 1, 2) постоянноенапряжение в два раза ниже заданного, т.е. равно 125 – 130 В

Возможная причина: неисправен генератор на однопереходном транзисторе VT1, обрыв тиристора VS1 или обрыв дорожки от R2 к управляющему электроду тиристора VS1.

Алгоритм поиска неисправностей:

Проверить осциллографом с делителем 1:10 наличие импульсного напряжения на выводах транзистора VT1 (Э, Б1, Б2). В случае отсутствия импульсного напряжения в точке соединения Uб2 с выводом резистора R2 вероятно неисправен один из элементов: VT1, R2, R4, R5, C2, R6, VD5. В случае наличия импульсного напряжения на R2 возможен обрыв между анодом и катодом тиристора VS1 либо обрыв печатной дорожки от резистора R2 к управляющему электроду тиристора VS1.

Отсутствует импульсное напряжение “меандр” частотой 20 – 30 кГц на разъеме X3 платы преобразователя напряжения

Возможная причина: неисправен генератор запуска на транзисторе VT2.

Алгоритм поиска неисправностей:

1. Проверить надежность подключения элементов R2, VD1 и C2 к выводам указанного транзистора.
2. Проверить исправность транзистора VT2.

Возможная причина: неисправен один из транзисторов VT4, VT5.

Алгоритм поиска неисправностей:

Проверить омметром исправность транзисторов. При обнаружении обрыва или короткого замыкания выводов заменить транзистор на заведомо исправный.

Отсутствует широтно-модулированное импульсное напряжение на разъеме X2 платы преобразователя напряжения

Возможная причина: неисправен один из транзисторов VT6, VT7.

Алгоритм поиска неисправностей:

Проверить омметром исправность транзисторов. При обнаружении обрыва или короткого замыкания выводов заменить транзистор на заведомо исправный.

Возможная причина: неисправность схемы синхронизации и управления платы.

Алгоритм поиска неисправностей:

1. Проверить исправность диодов VD25, VD26, VD28, VD29, VD32, VD33 и элементов, входящих в микросхему D2.
2. Проверить наличие импульсов на выводе 1 микросхемы D1.1. При их отсутствии видимо неисправна эта микросхема.
3. Проверить правильность формирования пилообразного напряжения на аноде диода VD30.
4. Проверить исправность элемента VP1, в частности, сопротивление между его выводами 3-4.
5. Проверить исправность элемента D1.2. На его выводах 12 и 13 должны присутствовать противофазные импульсные последовательности.
6. Проверить омметром исправность транзисторов VT12, VT13.

Не регулируется напряжение на выходе прибора при вращении ручки потенциометра R20 “U”.

Возможная причина: неисправен потенциометр R20 “U”, расположенный на плате управления и измерения или микросхема D2, плата усилителя мощности и защиты выхода (A2).

Алгоритм поиска неисправностей:

1. Проверить омметром исправность переменного резистора R20 “U”, а вольтметром – наличие питающего напряжений, подаваемого на микросхему D2. Подключить вольтметр постоянного тока к выходу микросхемы D2(10).
2. Произвести регулировку сопротивления переменного резистора R20 от минимального до максимального значения. В случае отсутствия изменения постоянного напряжения на выходе D2 (10) заменить микросхему D2.
3. В случае, если напряжение на выходе D2 (10) регулируется, подключить вольтметр постоянного тока к контакту XP1 в точке соединения резистора R5 и коллектора VT3 платы усилителя мощности и защиты выхода и вновь произвести регулировку переменного резистора R20.

4. В случае, если постоянное напряжение на XP1 не регулируется, скорее всего неисправны транзисторы VT1, VT2, резистор R1 или имеются скрытые дефекты в монтаже.
5. В случае, если на XP1 напряжение регулируется, то вероятнее всего неисправен транзистор VT1, расположенный на задней панели прибора.

Не работает схема защиты прибора от перенапряжения

Возможные причины: неисправны транзисторы VT7, VT6, VT5, тиристор VS1, резисторы R17, R13 платы A3 (усилитель мощности и регулируемая защита выхода).

Алгоритм поиска неисправностей:

1. Проверить при помощи омметра исправность резисторов R13 и R17. Подключить к резистору R13 вольтметр постоянного тока.
2. Произвести регулировку переменным резистором R29 "ОГРАНИЧЕНИЕ U", расположенным на передней панели прибора, от минимального до максимального значения. В случае, если напряжение на резисторе R13 не изменяется и близко к нулю, вероятно неисправны транзисторы VT8, VT7, VT6, резистор R11, либо имеются скрытые дефекты в монтаже.
3. Если постоянное напряжение на резисторе R13 изменяется и достаточное для открывания тиристора VS1, то вероятно неисправны тиристор VS1, диод VD4, транзистор VT3, либо имеются скрытые дефекты в монтаже.

Алгоритм поиска неисправностей в источнике питания ±15В платы A5 (3.760.243) и алгоритм поиска неисправностей в источнике питания Б5-71 приведены на рисунках 5.12 и 5.13 соответственно.

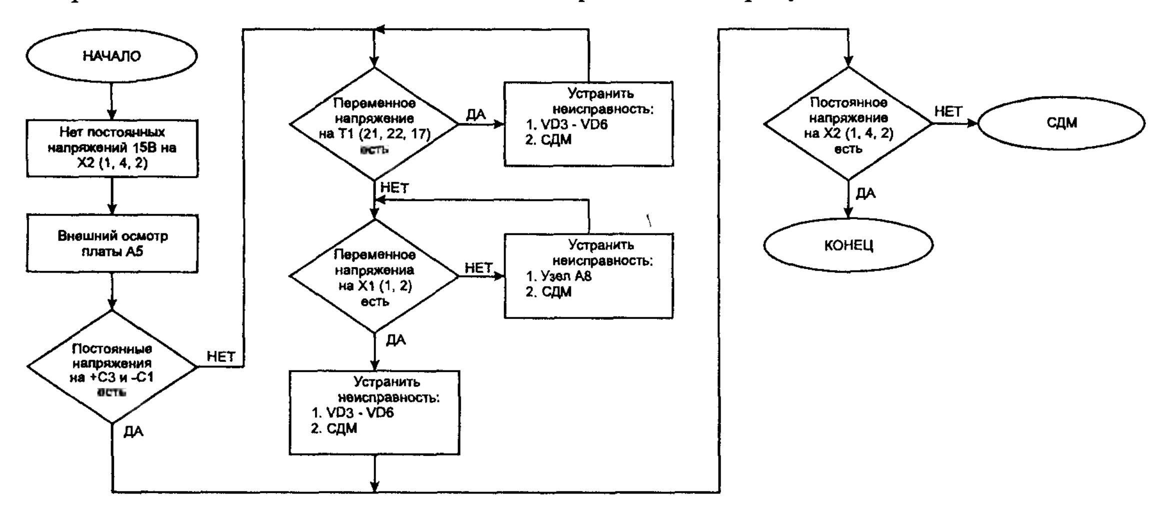


Рис. 5.12. Алгоритм поиска неисправности платы A5 (3.760.243) источника питания Б5-71

Отсутствует индикация выходного напряжения

Возможная причина: неисправность АЦП КР572ПВ2А

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить надежность подключения RC к выводам АЦП.
2. Проверить наличие напряжений питания на выводах АЦП: +5 В – вывод 1; -5 В – вывод 12.
3. Проверить наличие импульсов внутреннего генератора (вывод 40).
4. Если указанные сигналы и потенциалы имеются, а на цифровых выводах АЦП нет логических сигналов, соответствующих коду входного аналогового напряжения, то АЦП неисправен.

Нет индикации в одном из разрядов

Возможная причина: неисправность соответствующего семисегментного индикатора H1 – H4

Алгоритм поиска неисправности:

1. Проверить наличие напряжения питания на выводе 14 семисегментного индикатора.
2. Проверить наличие логических сигналов на его выводах 1, 2, 7, 8, 10, 11, 13. Если сигналы присутствуют, то неисправен данный индикатор.

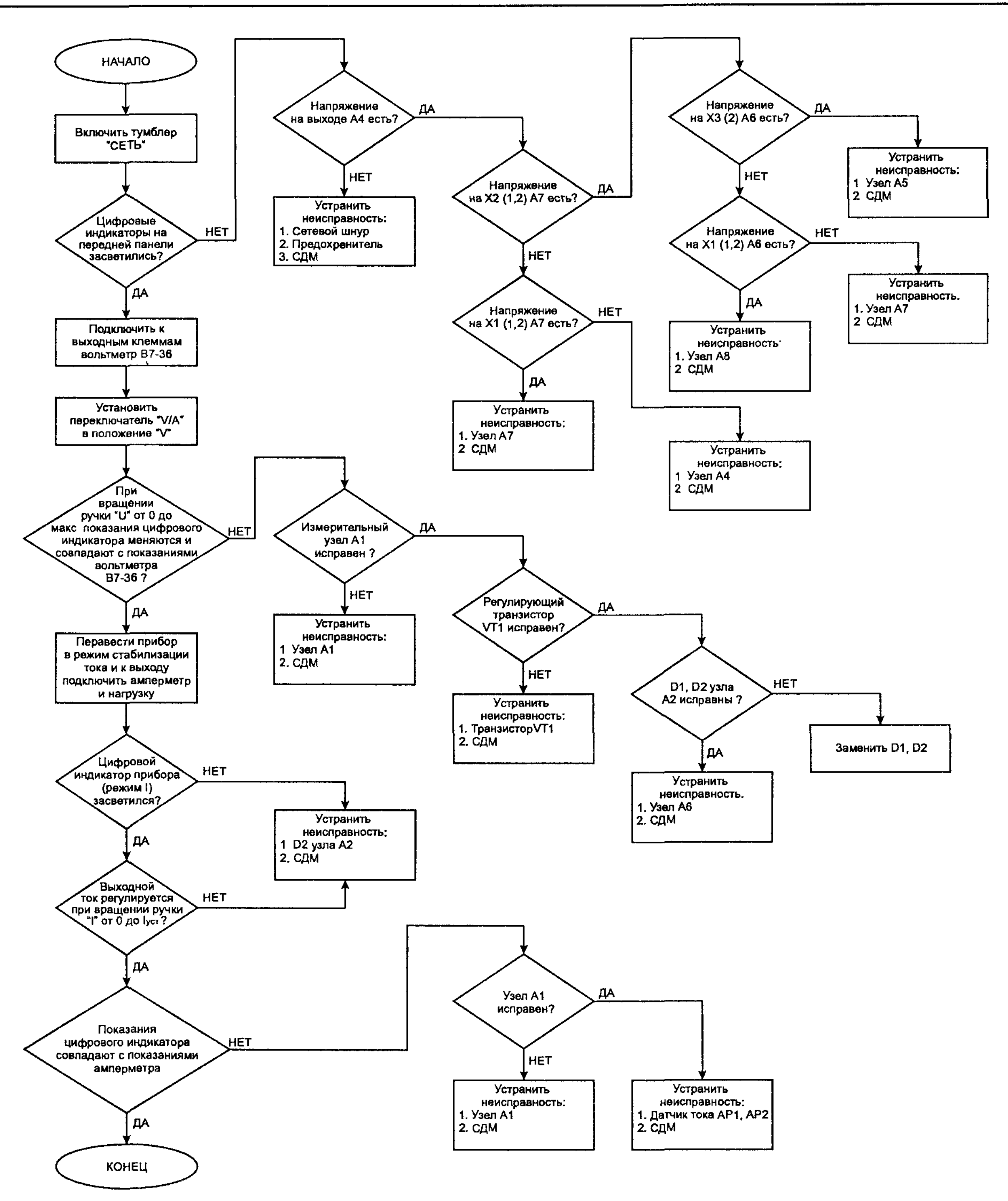


Рис. 5.13. Алгоритм поиска неисправности в источнике питания Б5-71

3. Если сигналов нет, то следует проверить их наличие на соответствующих выводах АЦП КР572ПВ2А.

5.6. Конструкция прибора

Источник питания выполнен в малогабаритном корпусе бесфутлярной конструкции. Элементы корпуса и размещение блоков и узлов в приборе показаны на рис 5.14 и 5.15 соответственно.

Несущей основой прибора является комбинированный блок, представляющий собой переднюю и заднюю панель прибора, соединенные между собой боковыми кронштейнами.

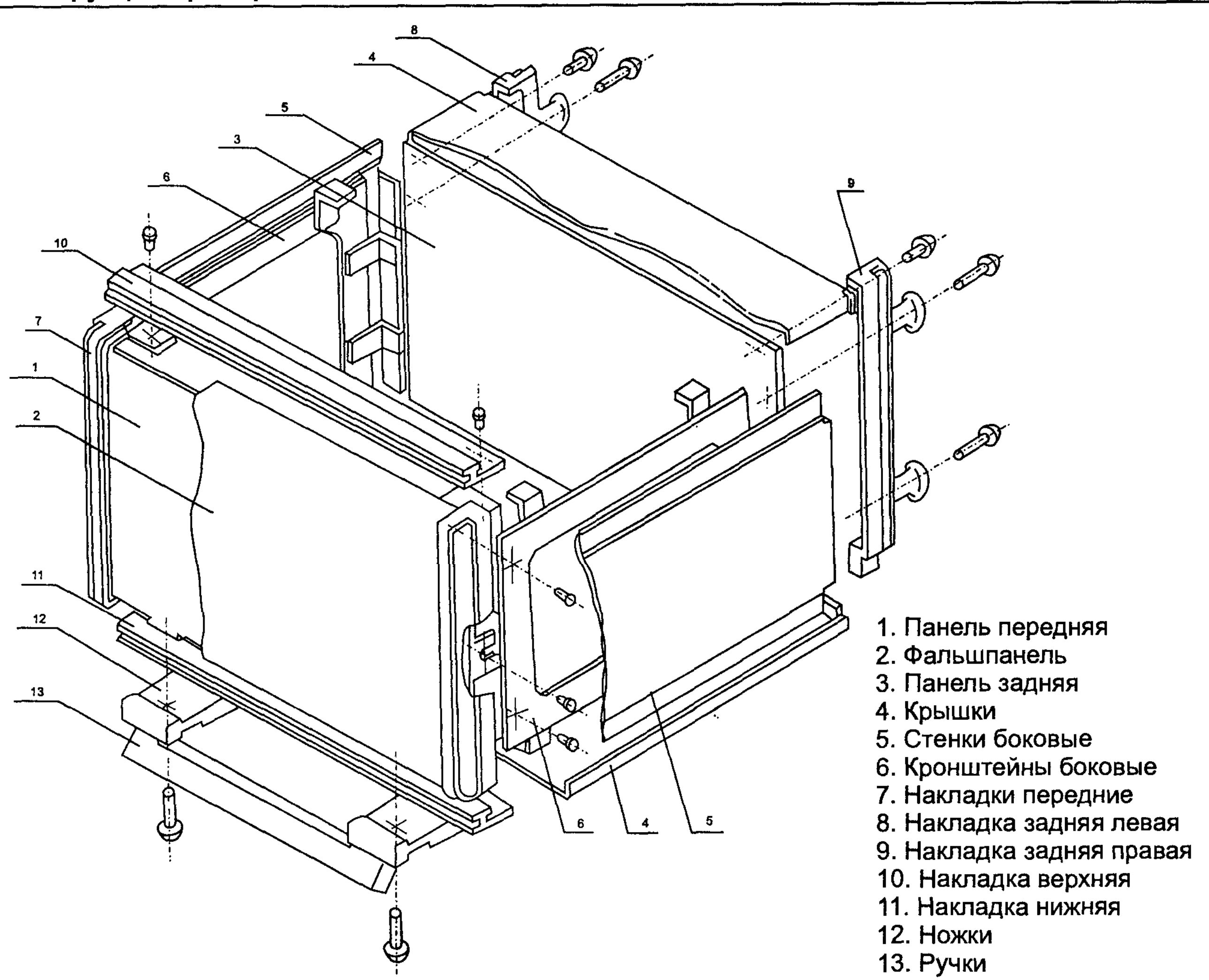


Рис. 5.14. Элементы корпуса источника питания Б5-71

Вскрытие прибора производится в следующей последовательности:

- отвернуть винты, крепящие декоративные накладки на задней стенке прибора, и снять их;
- отвернуть винты на верхней и нижней крышках прибора и снять верхнюю и нижнюю крышки и боковые стенки;
- изъять печатные платы из прибора путем снятия с одной стороны (верхней или нижней) планки, крепящей и фиксирующей печатные платы. После этого отсоединить разъемы и вынуть плату из прибора.

Перечень блоков с их условными обозначениями по принципиальной схеме приведен в табл. 5.10. Порядковые номера узлов печатных, приведенных в таблице, соответствуют рис 5.15.

Таблица 5.10. Перечень блоков источника питания Б5-71

№ п/п	Наименование блоков	Условное обозначение по схеме
1	Узел печатный 3.760.241	А2
2	Узел печатный 3.760.243	А5
3	Узел печатный 3.760.246	А6
4	Узел печатный 3.760.247	АР1, АР2
5	Узел печатный 3.760.242-02	А1
6	Узел печатный 3.760.232	А4
7	Узел печатный 3.760.235	А7
8	Узел печатный 3.760.238	А8
9	Регулирующий транзистор	VT1
10	Узел печатный 3.760.239	А3

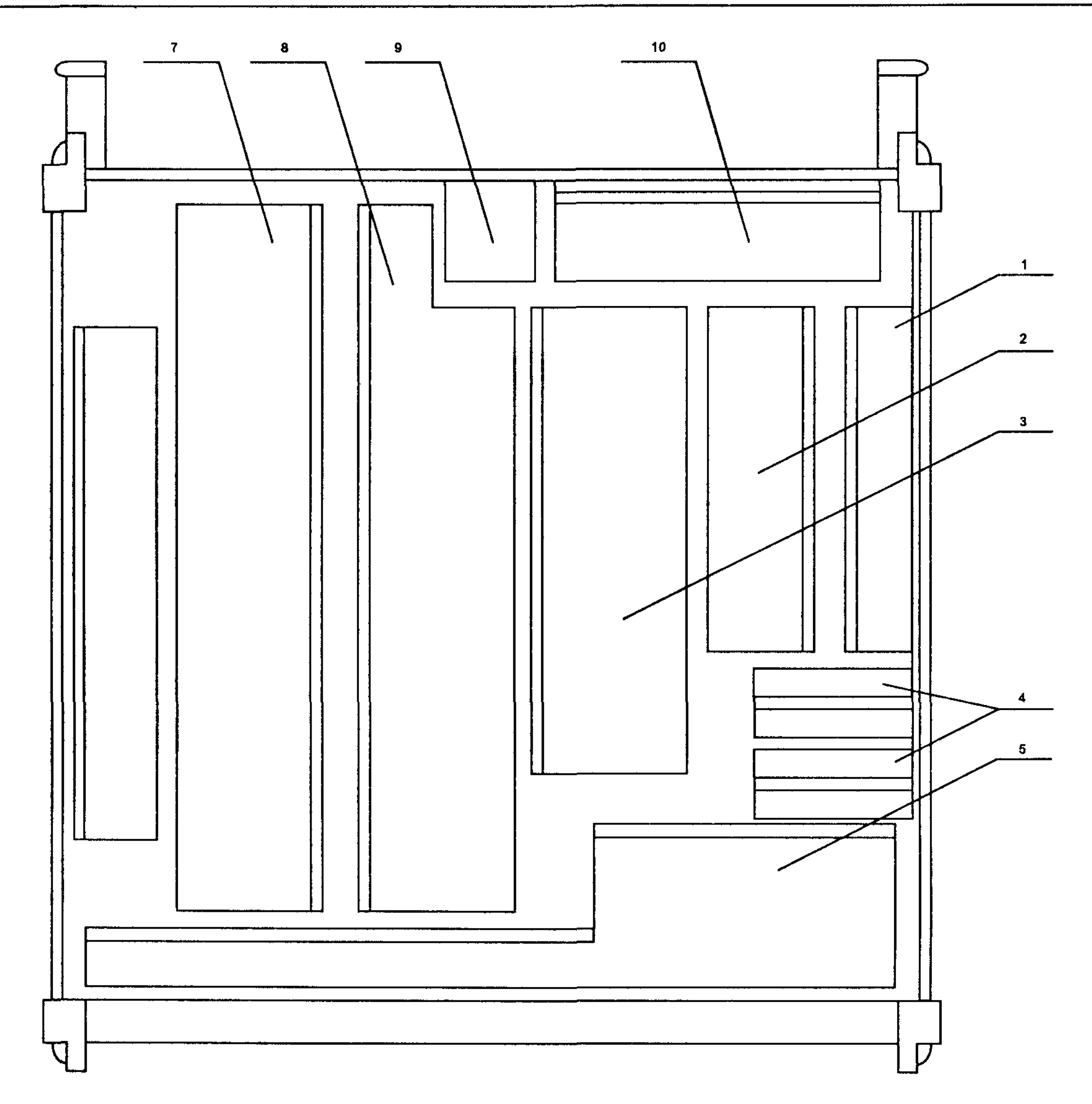


Рис. 5.15. Размещение блоков и узлов в источнике питания Б5-71

Приложение

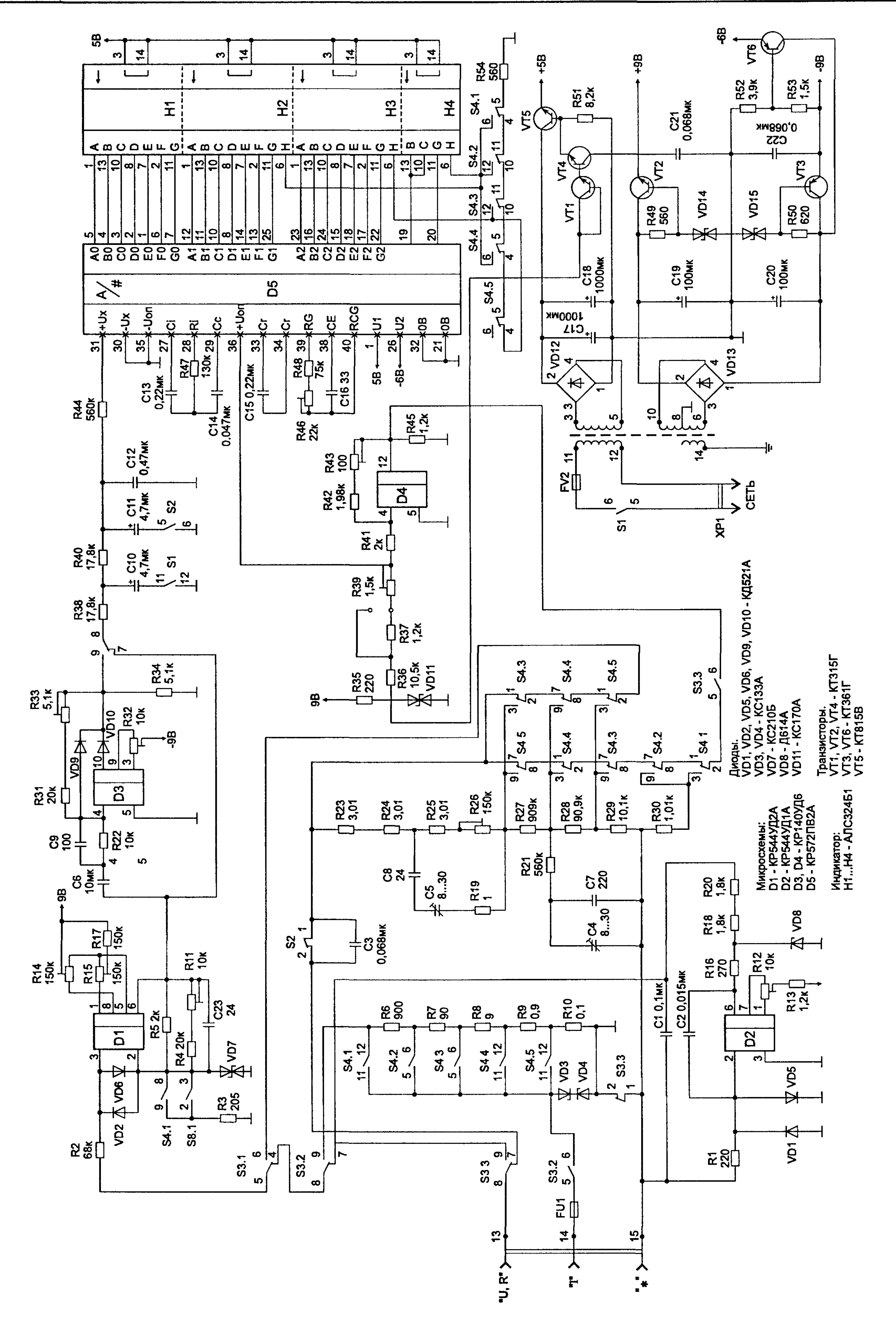


Рис. 1. Схема принципиальная электрическая прибора Щ4300

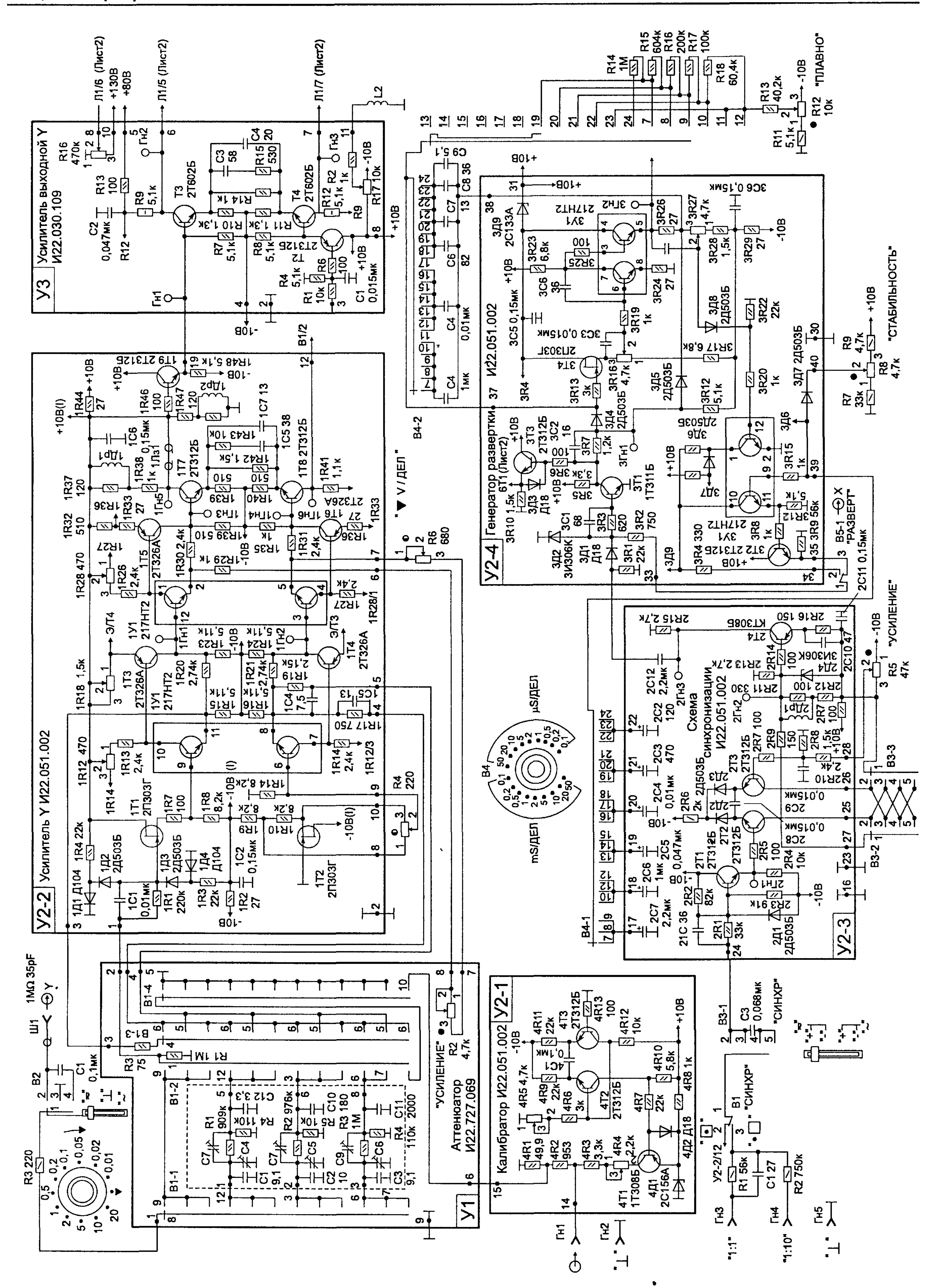


Рис. 2.1. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-73 (лист 1)

Рис. 2.2. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-73 (лист 2)

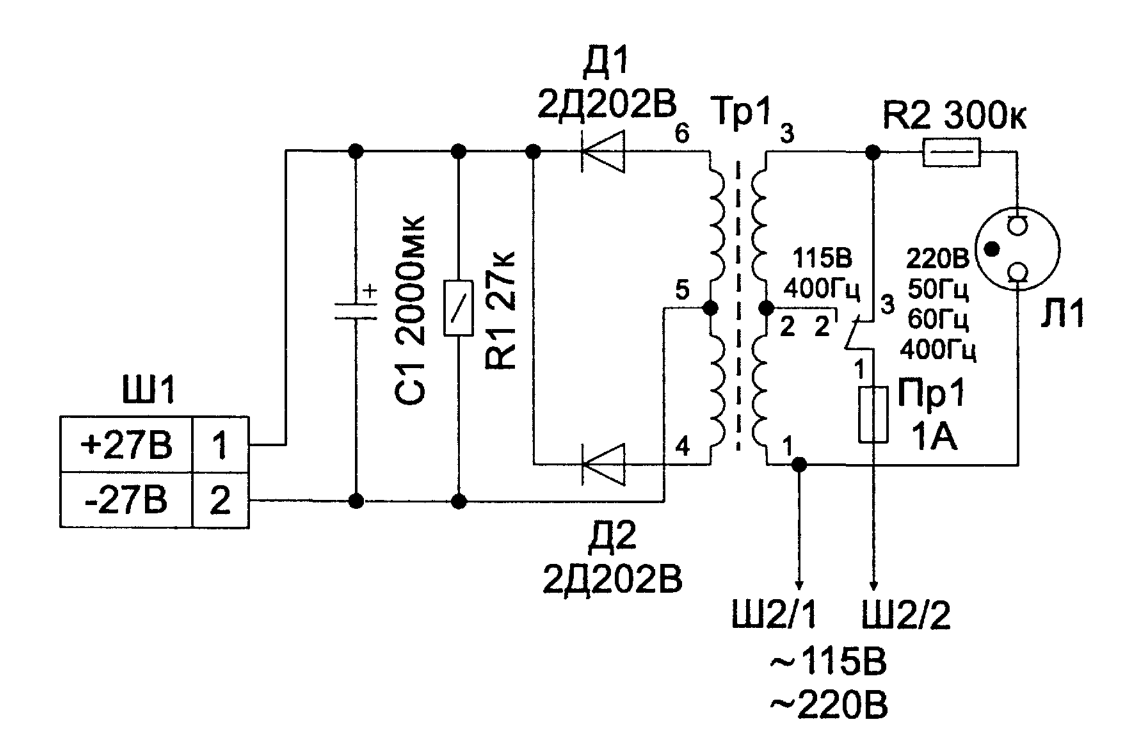


Рис. 2.3. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-73 (лист 3)

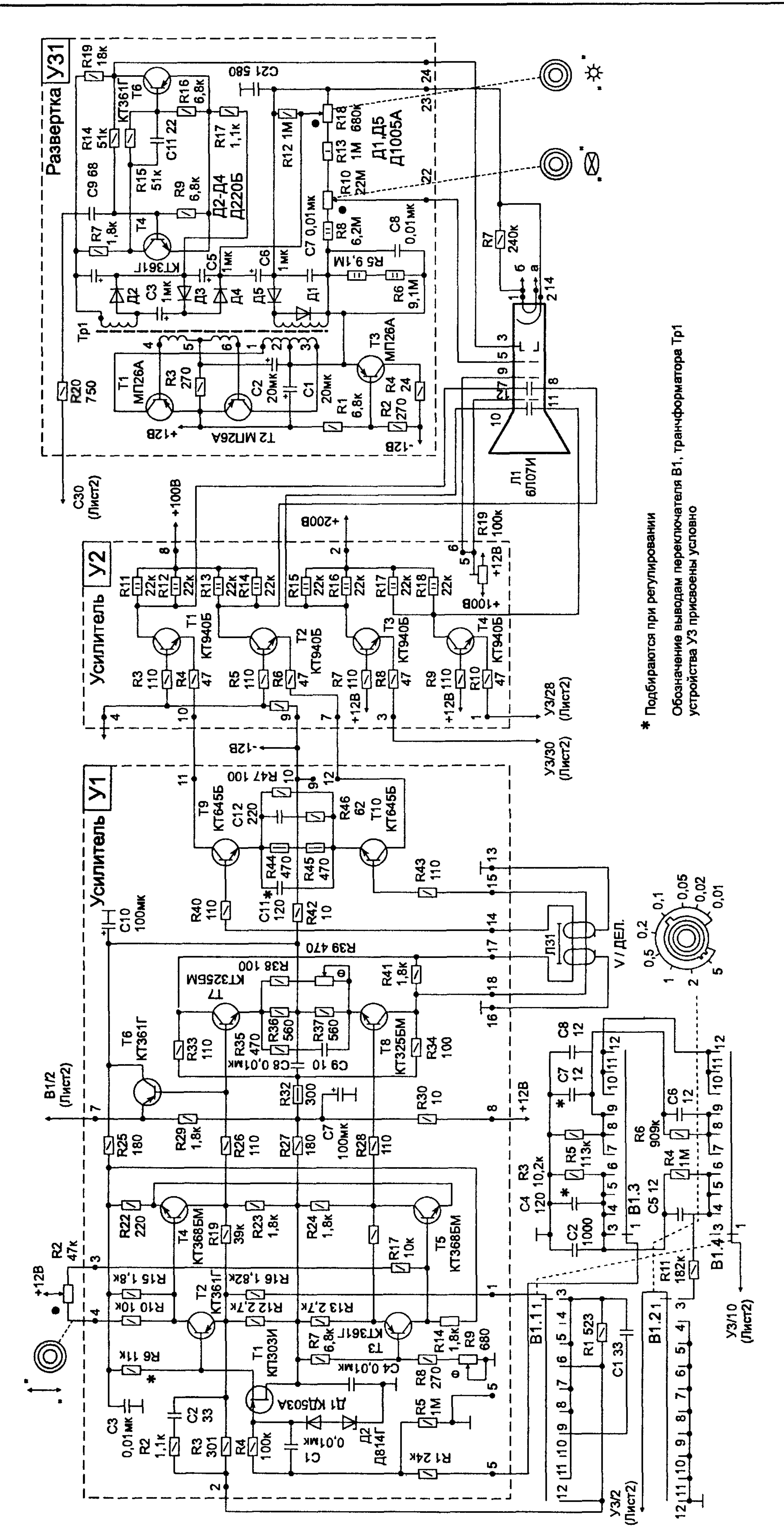


Рис. 3.1. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-94 (лист 1)

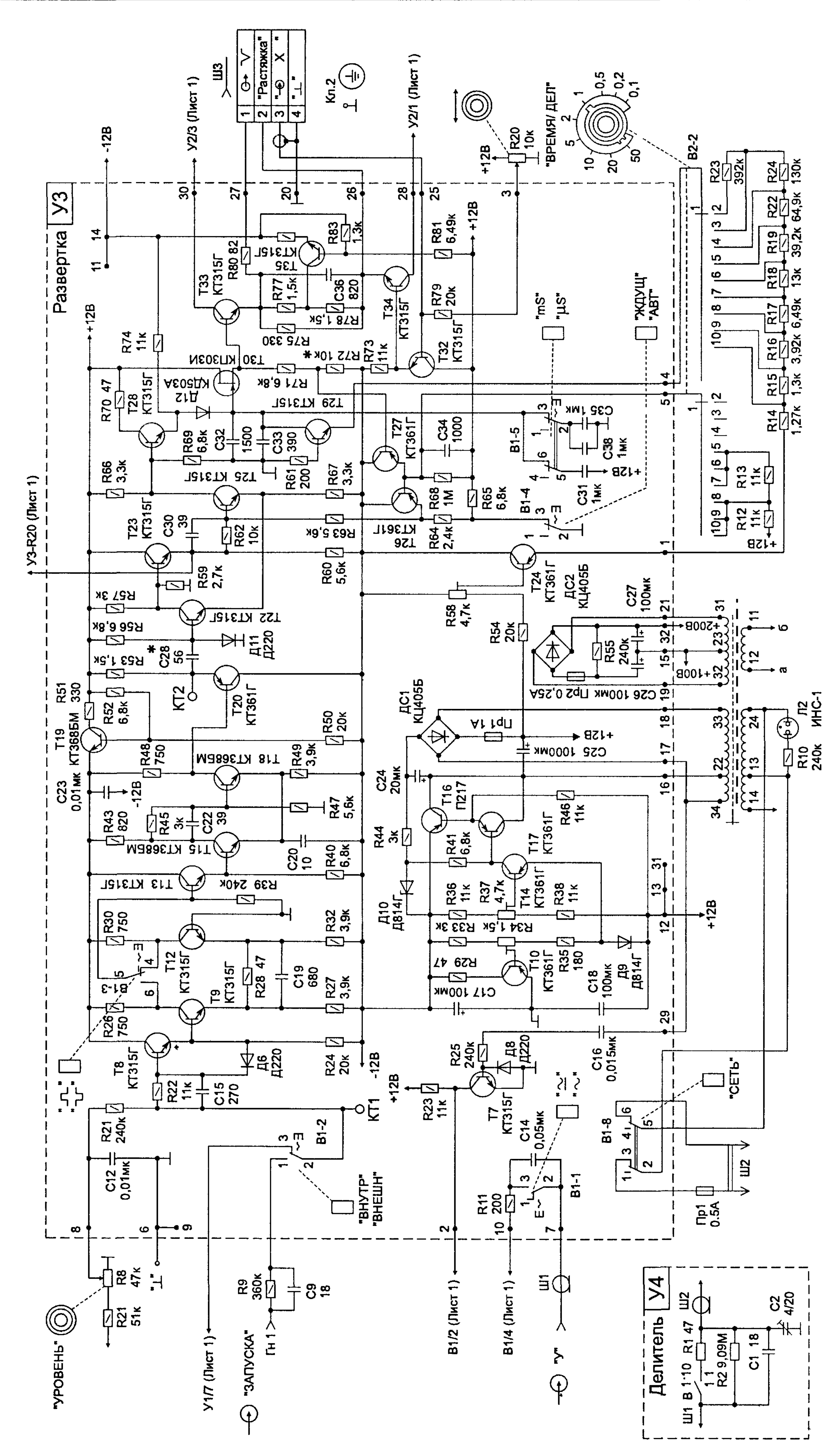


Рис 3.2. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-94 (лист 2)

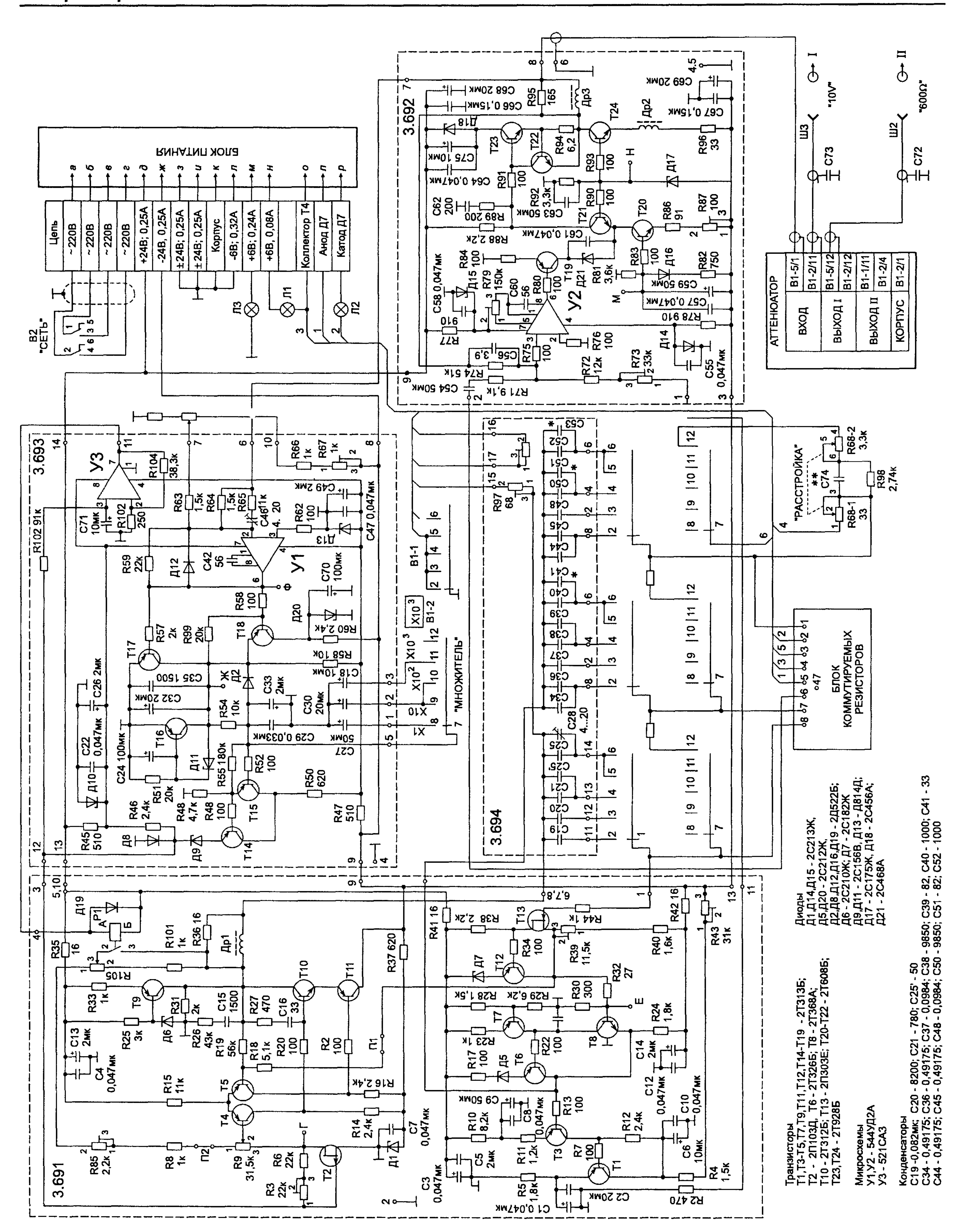


Рис. 4.1. Схема принципиальная электрическая генератора сигналов низкочастотного Г3-118 (лист 1)

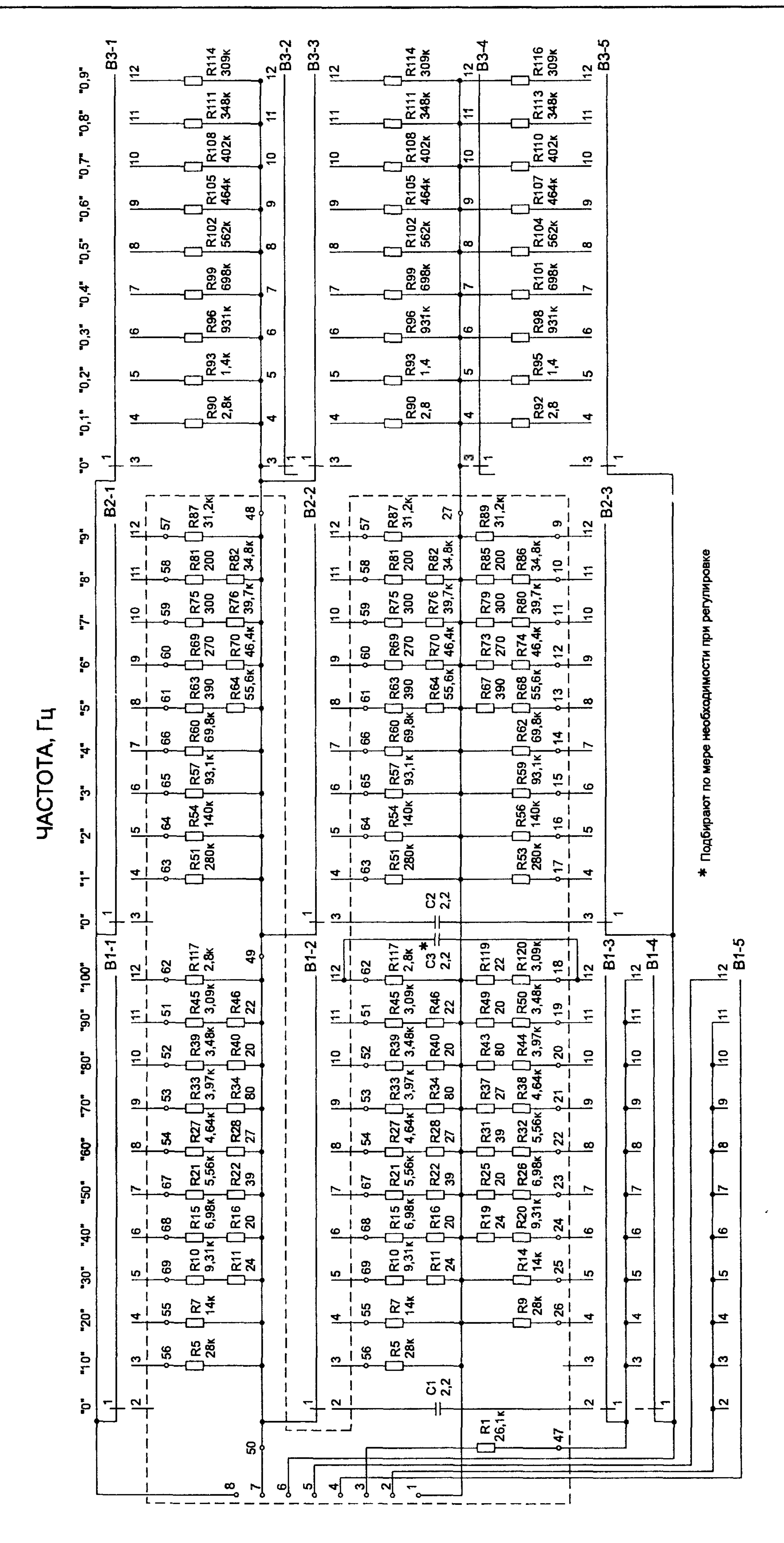


Рис. 4.2. Схема принципиальная электрическая генератора сигналов низкочастотного Г3-118 (блок коммутируемых резисторов) (лист 2)

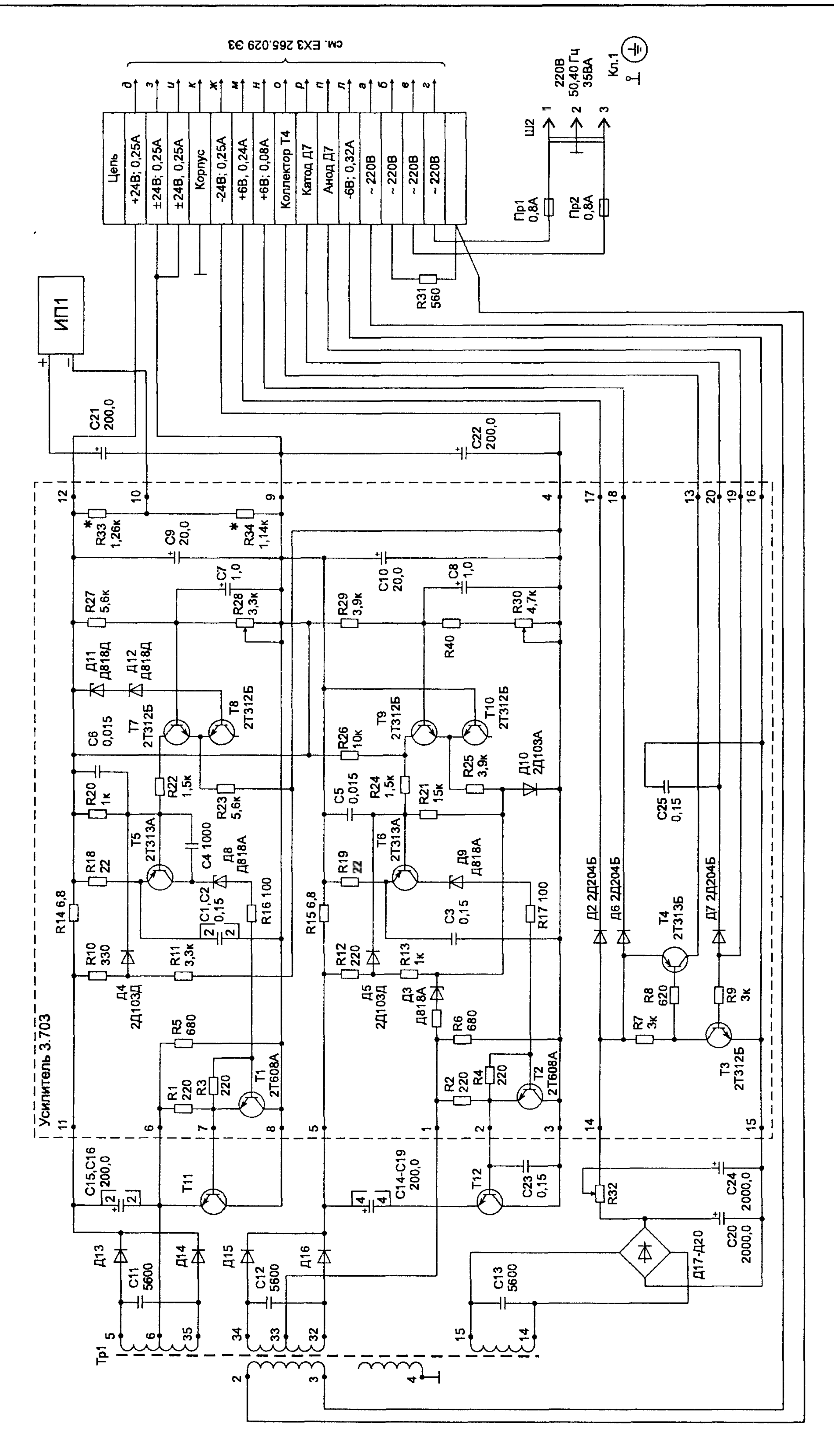


Рис. 4.3. Схема принципиальная электрическая генератора сигналов низкочастотного Г3-118 (блок питания) (лист 3)

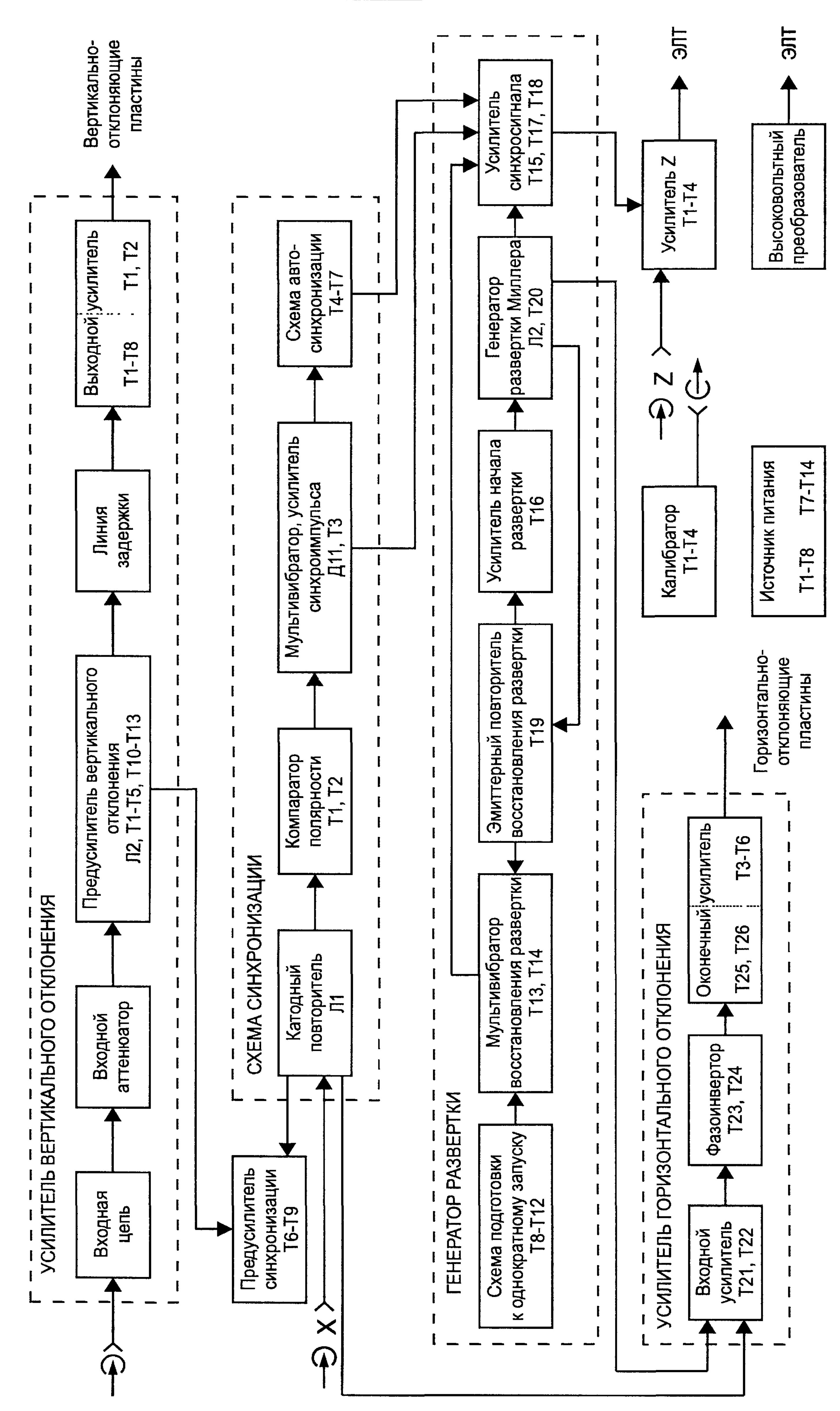


Рис. 5 1 Структурная схема осциллографа С1-65

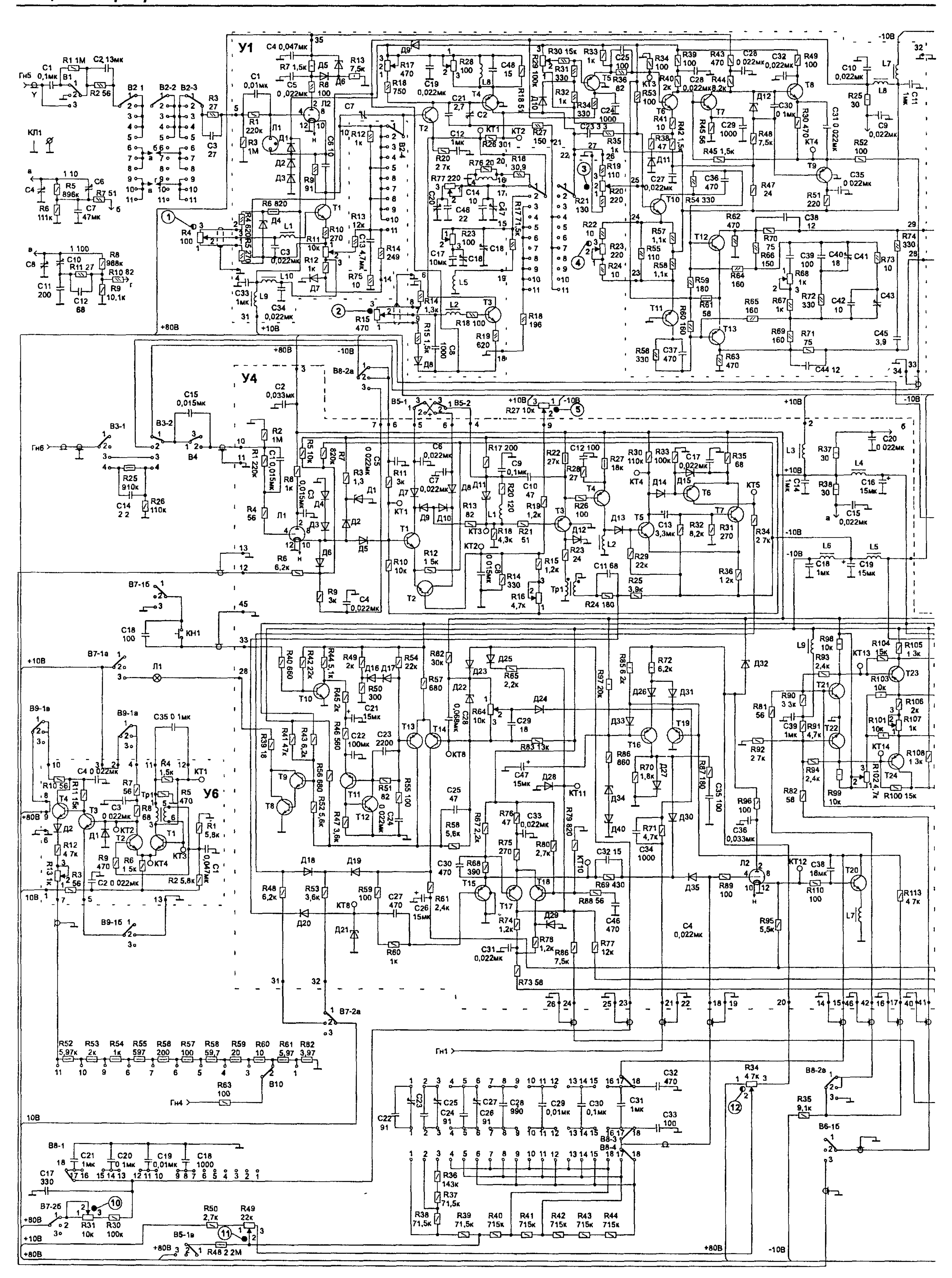


Рис. 5.2. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-65 (лист 1)

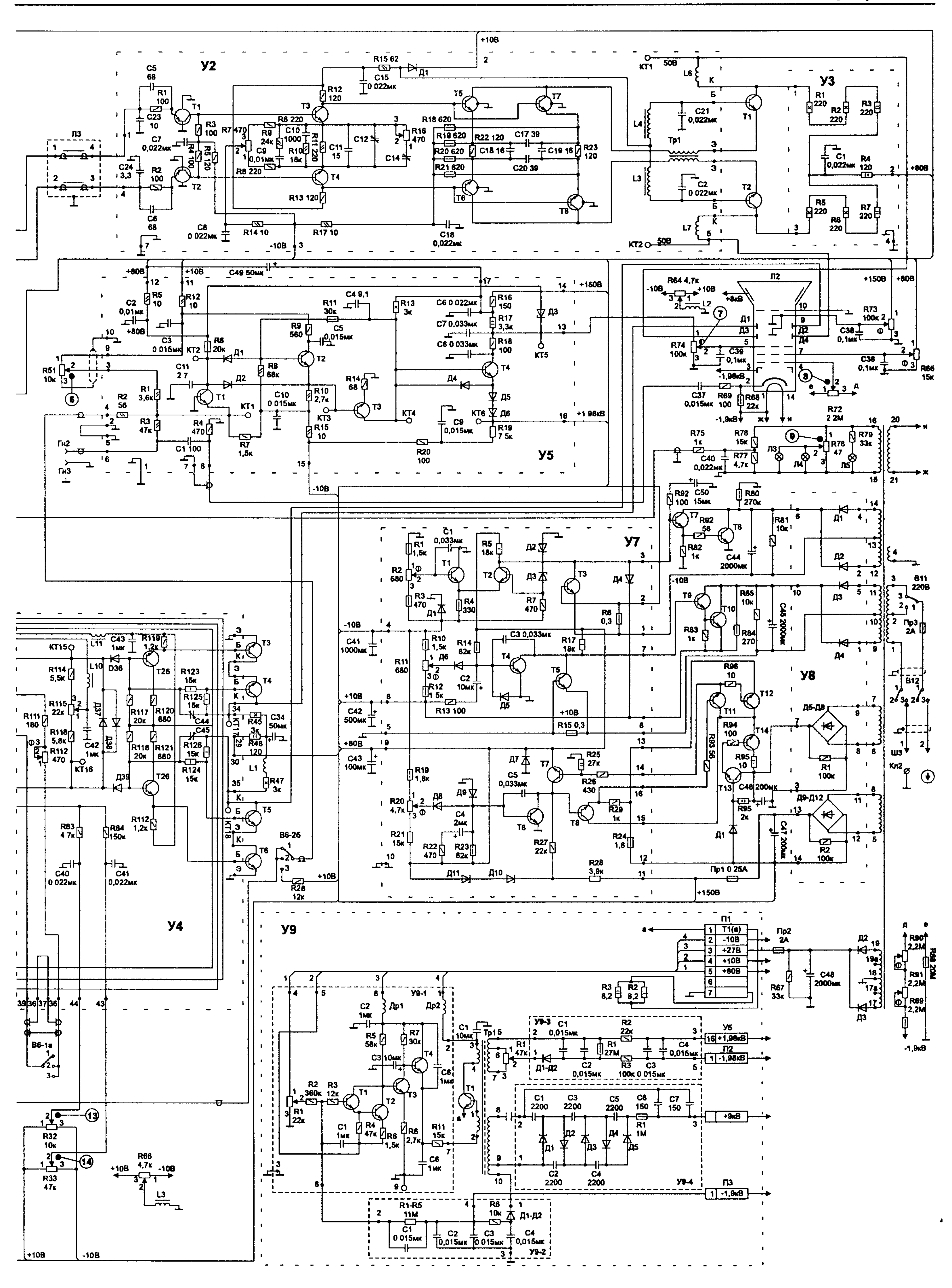


Рис. 5.3. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-65 (лист 2)

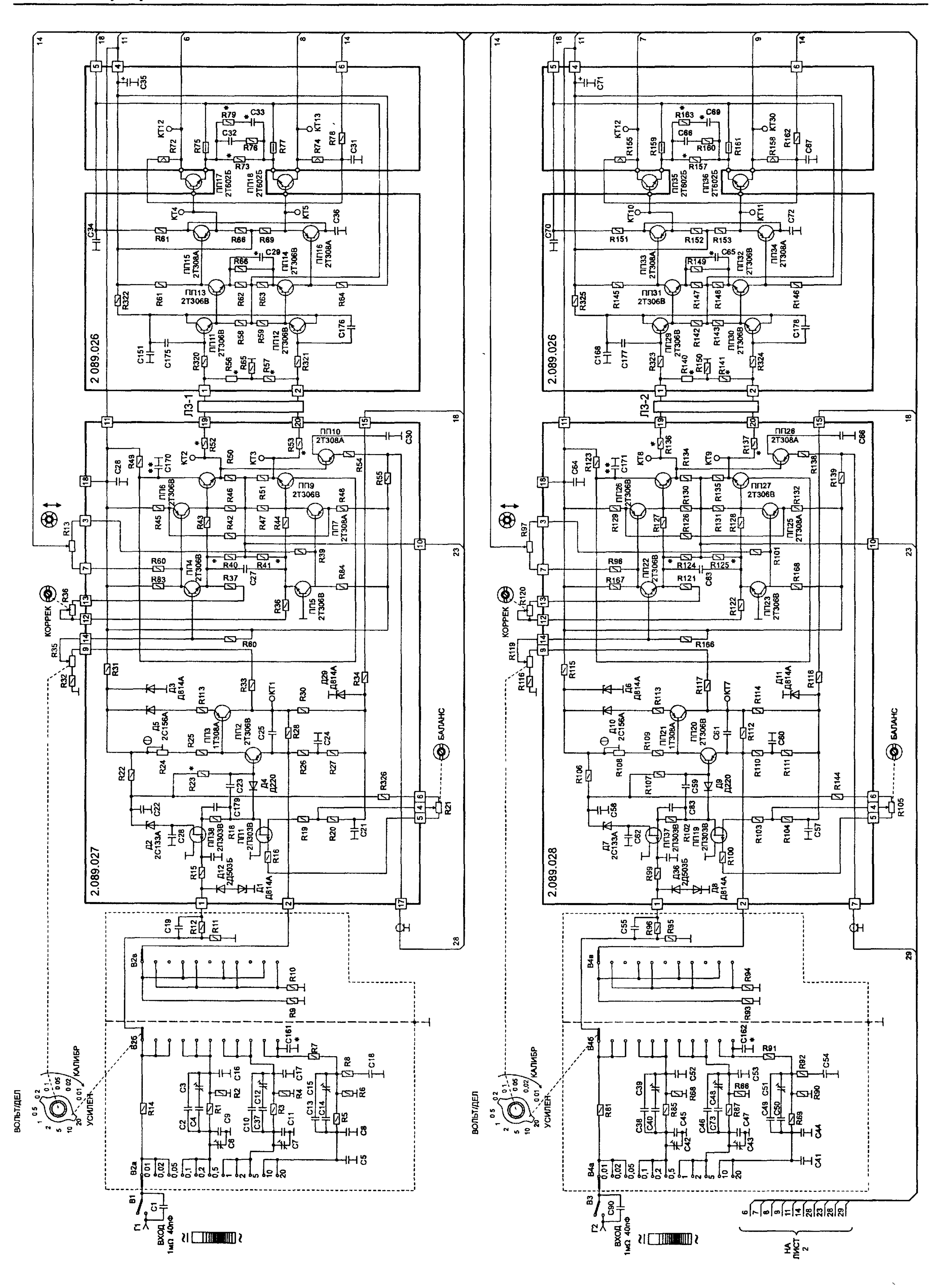


Рис. 6.1. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-55 (лист 1)

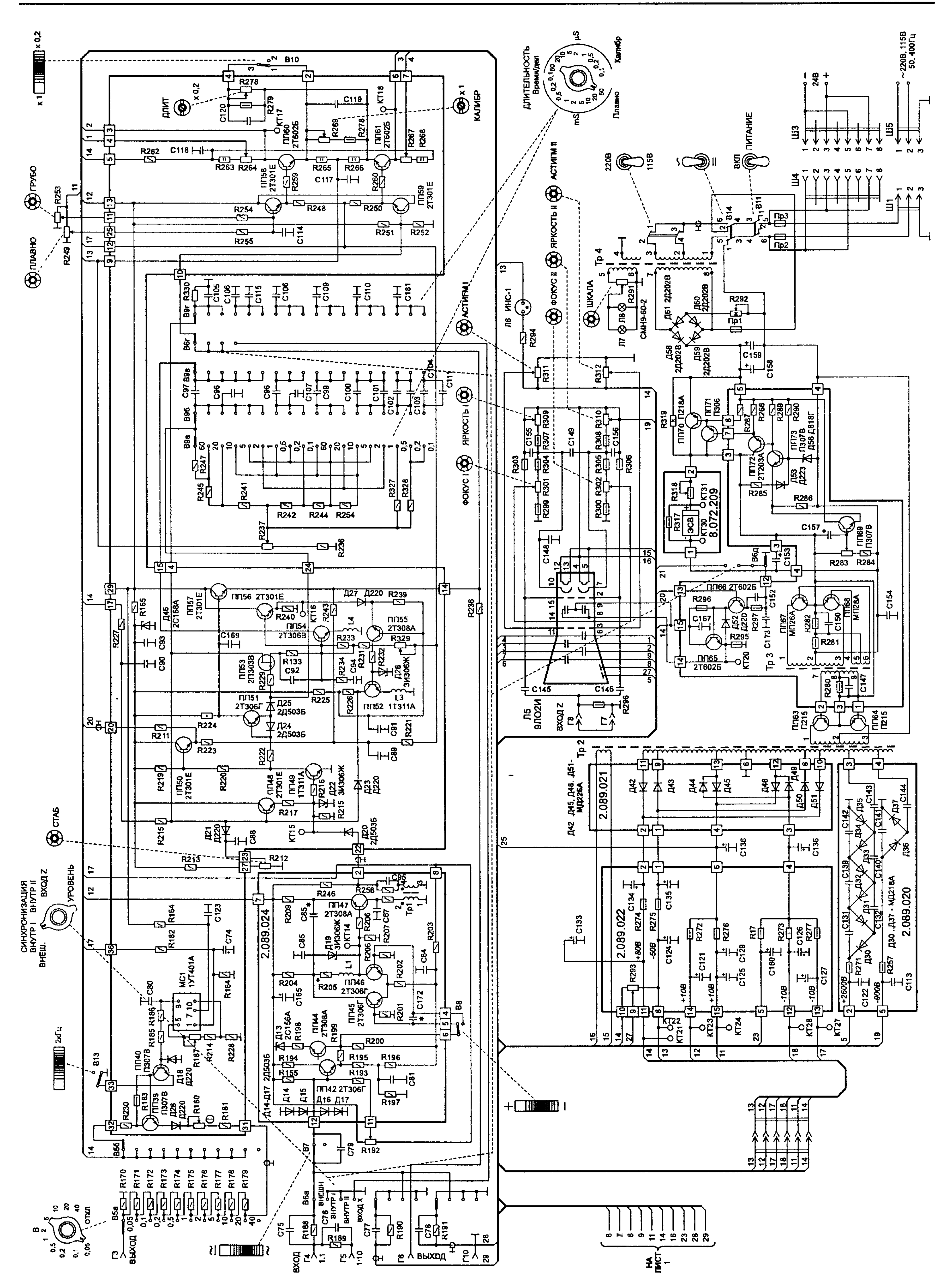


Рис. 6.2. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-55 (лист 2)

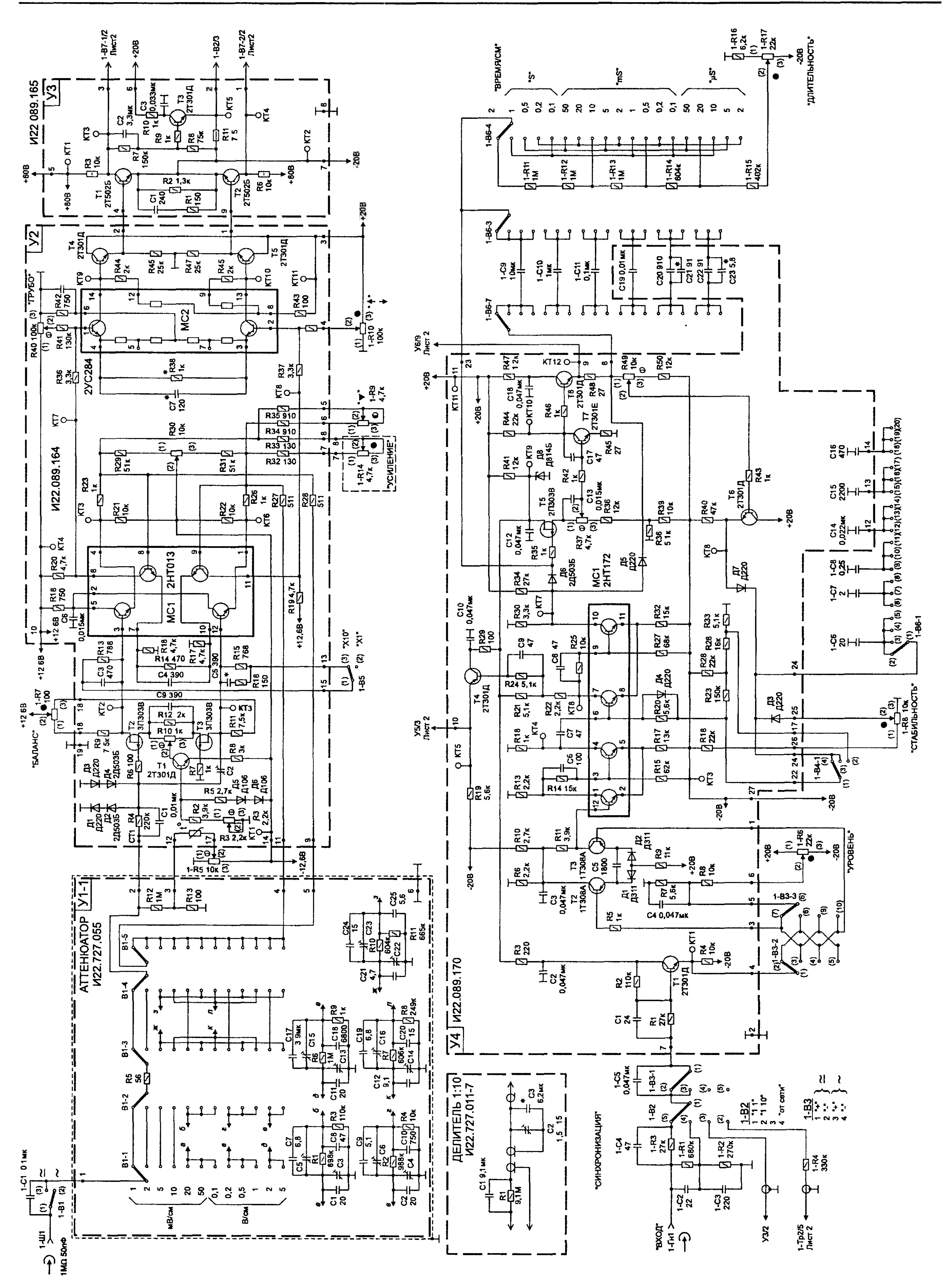


Рис. 7.1. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-68 (лист 1)

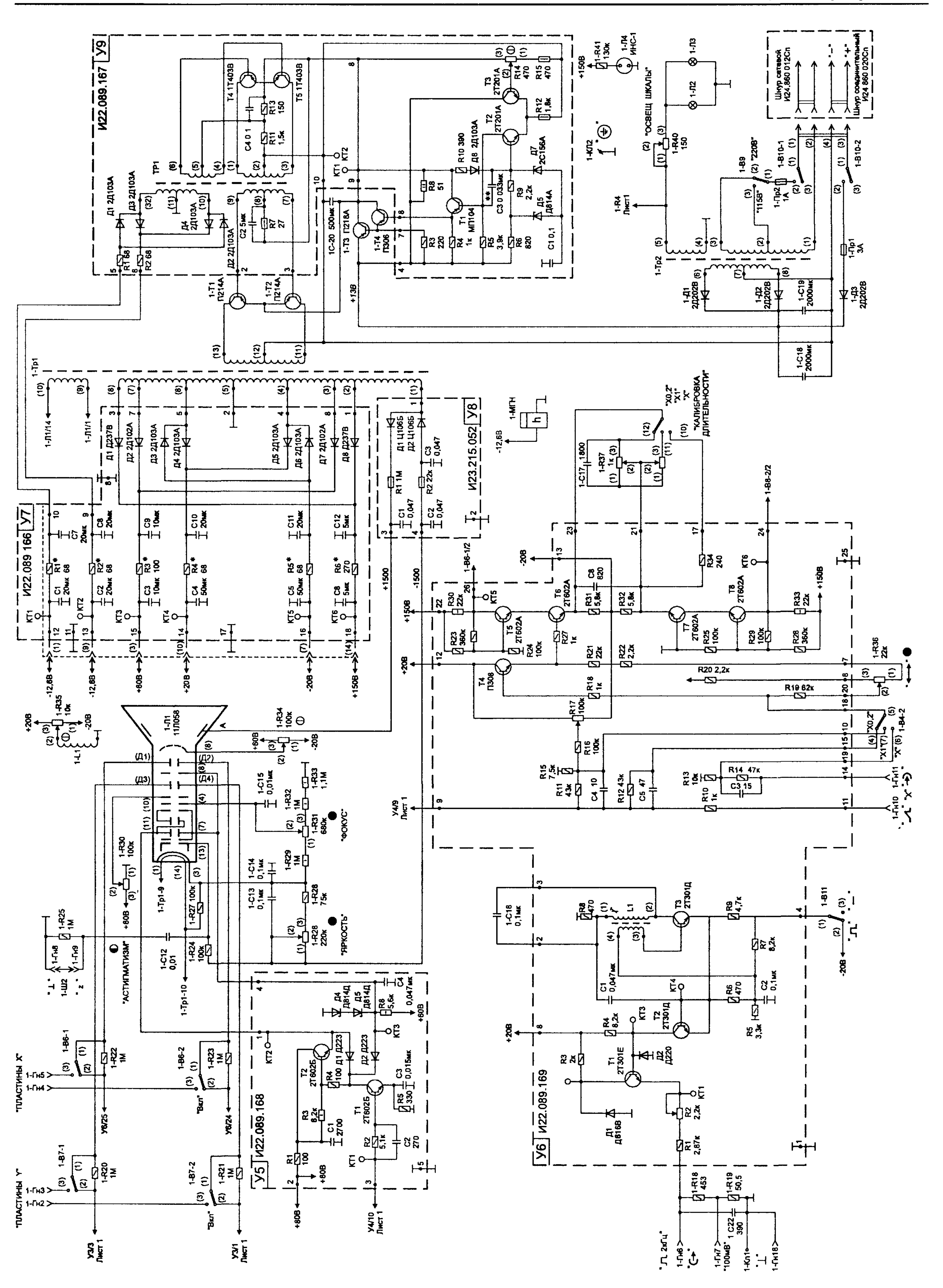


Рис. 7.2. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-68 (лист 2)

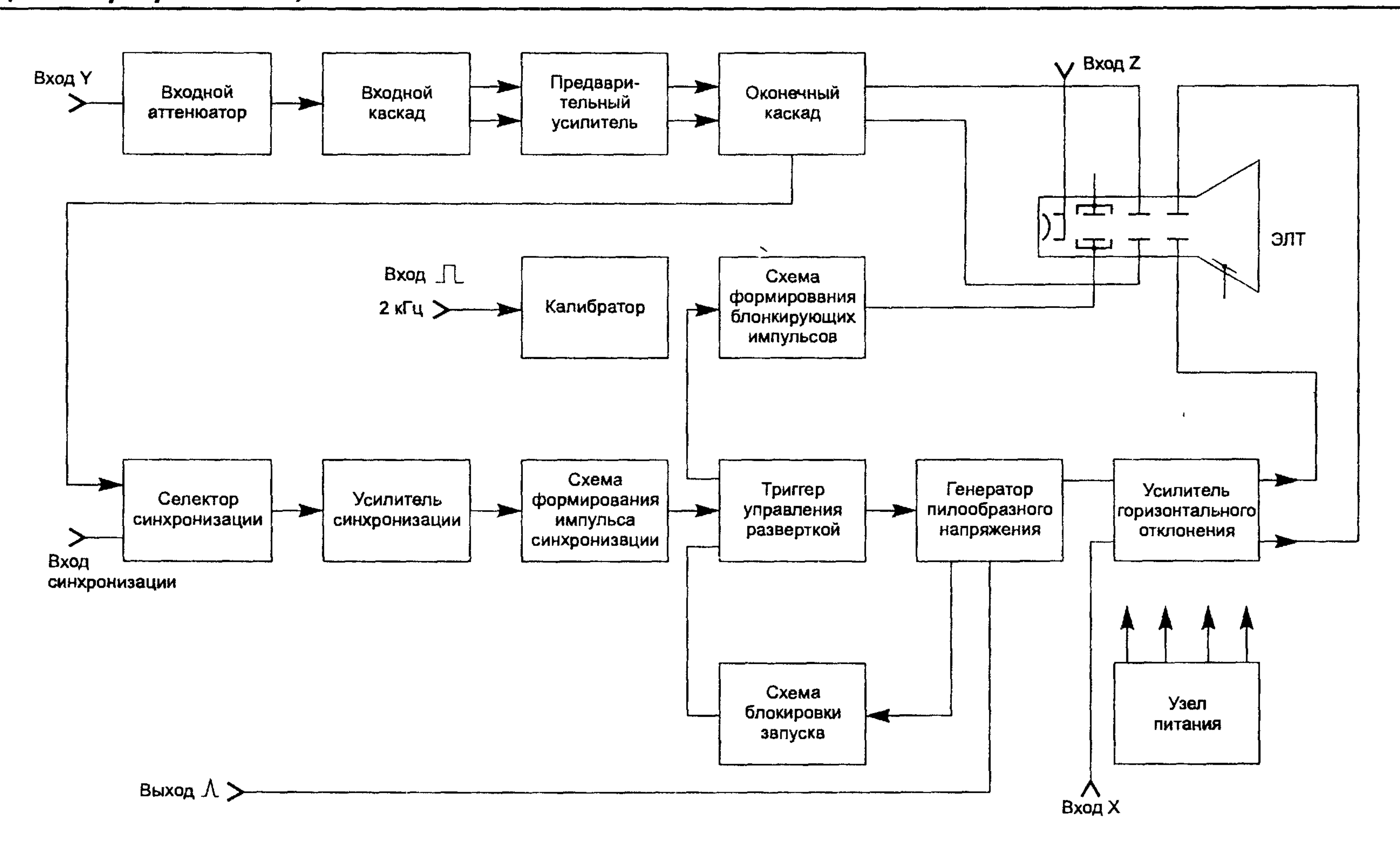


Рис. 7.3. Блок-схема осциллографа С1-68

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	•			•						•									•	•	•	•	•	•
2	•	•																	•	•	•	•	•	•
3		•			•						•								•	•	•	•	•	•
4			•	•	•														•	•	•	•	•	•
5			•						•										•	•	•	•	•	•
6						•	•	•											•	•	•	•	•	•
7									•	•	•	•	•	•					•	•	•	•	•	•
8									•	•	•	•	•	•					•	•	•	•	•	•
9															•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
10			•	•															•	•	•	•	•	•
11															•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
12					•	•	•												•	•	•	•	•	•
13						•						•			•				•	•	•	•	•	•
14								•	•	•				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
15							•						•			•			•	•	•	•	•	•
16											•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
17									•					•			•		•	•	•	•	•	•
18														•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
19																			•	•	•	•	•	•
20																			•	•	•	•	•	•

☐ -НЕЗАМКНУТЫЙ КОНТАКТ

⊡ -ЗАМКНУТЫЙ КОНТАКТ

Рис. 8.1. Положение переключателей осциллографа С1-96

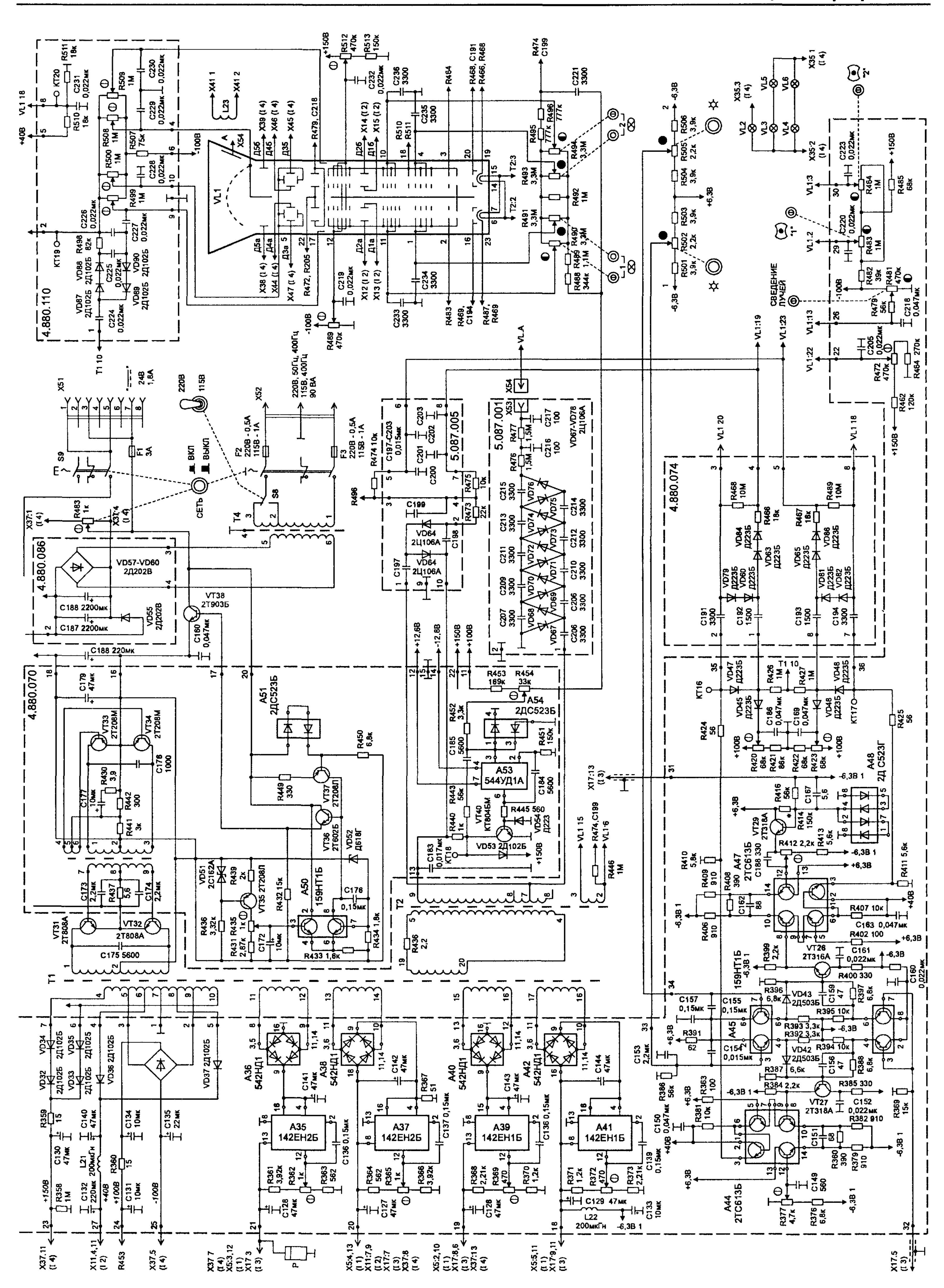


Рис. 8.2. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-96 (лист 1)

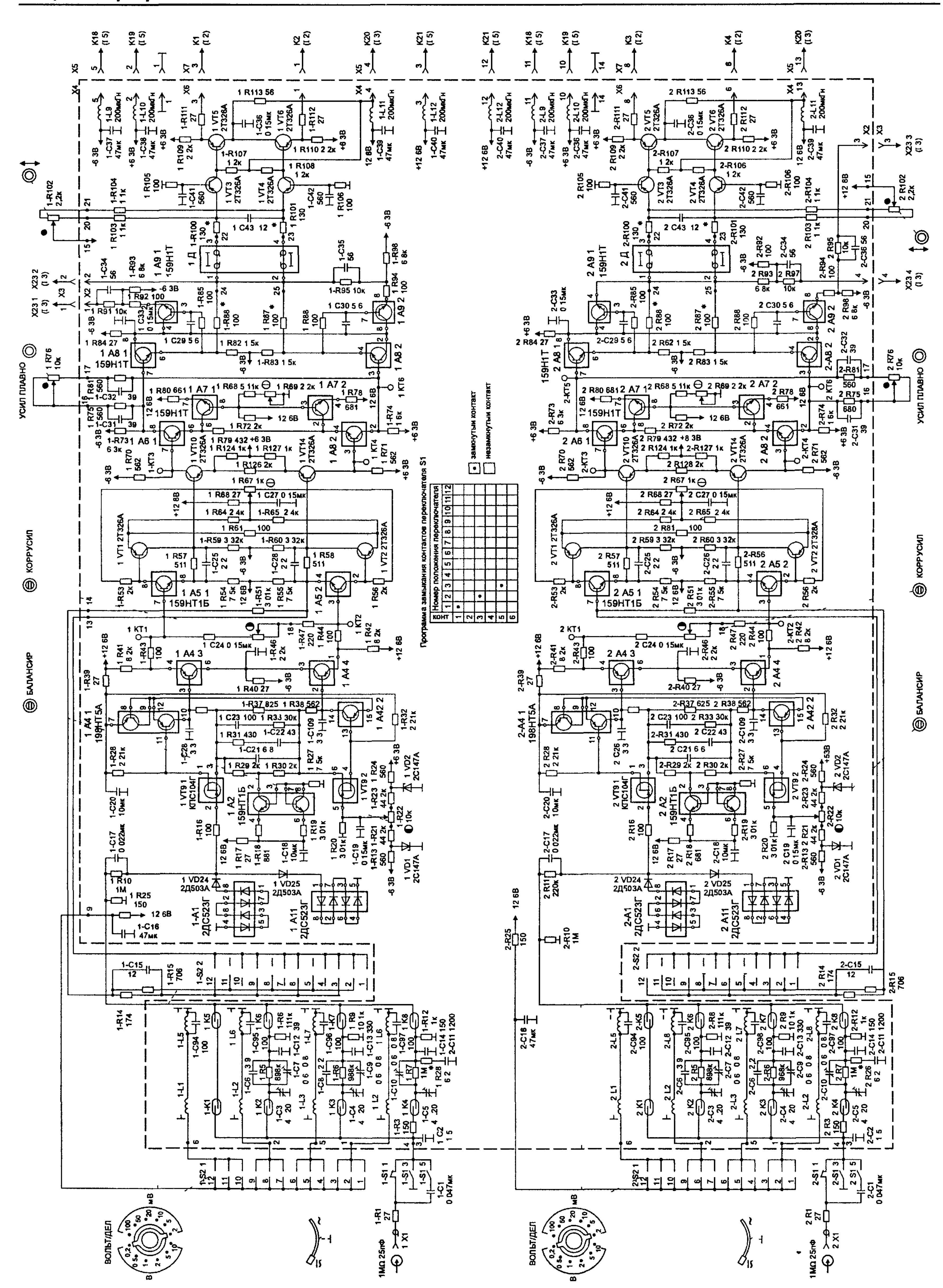


Рис 8 3 Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-96 (лист 2)

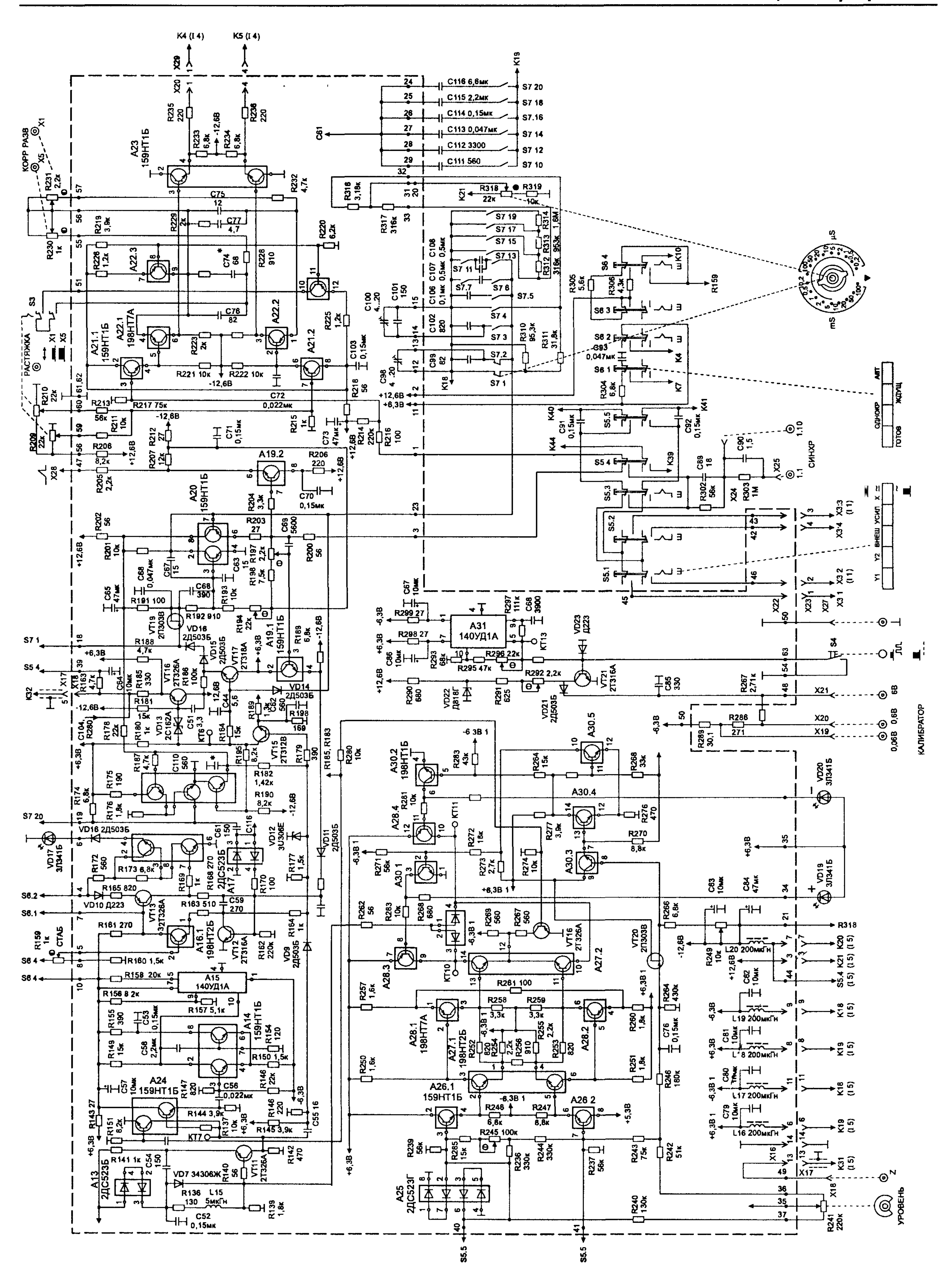


Рис. 8.4. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-96 (лист 3)

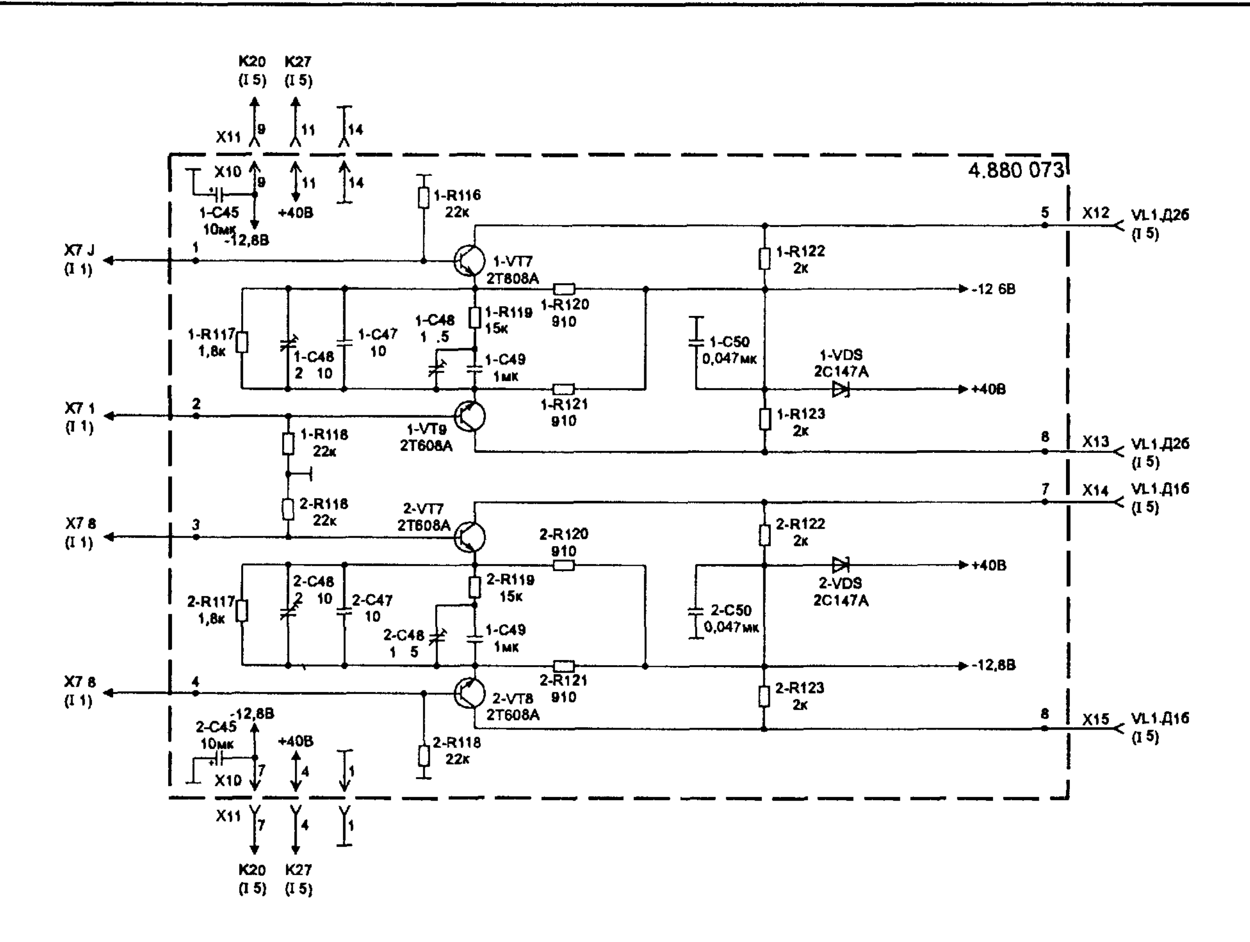


Рис. 8.5. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-96 (лист 4)

4.880.072
VL1:Д3а (I 5) X38
VL1:Д3б (I 5) X39
X40 X41
L23 (I 5)
R353 180к
R351 1М
+12,6В
-12,6В
-100В
C123 0,022мк
R355 10к
+180В
R352 1М
+6,3В
C122 0,022мк
R340 330
X44 VL1.Д3б (I 5)
R324 56к
A32.1 159НТ1Б
КТ14
VT22 2Т602Б
R336 10
VT24 КТ604БМ
R342 3,3к
R346 8,2к
+150В
R343 1,3к
R347 8,2к
X29:1 (I 3)
R322 100
-100В
X45 VL5:Д3б (I 5)
R327 1,5к
R331 10к
R334 10к
R338 120
R329 2,2к
R330 1,5к
R337 200
C121 68
-12,6В
R332 10к
R335 10к
C120 180
R328 1,5к
R323 100
X46 VL1:Д3б (I 5)
R344 1,3к
R348 8,2к
X29 4 (I 3)
A32.2 159НТ1Б
VT23 2Т602Б
R339 10
VT25 КТ604БМ
R345 3,3к
R349 8,2к
+150В
R325 56к
КТ15
X47 VL1.Д3а (I 5)
R341 330
VL1:VL4 (I 5) X35
X34
VL5·VL6 (I 5)
VL2 (I 5)
R333 100
R326 560
X36
+6,3В
-12,6В -100В +150В +180В +12,6В
X37
R463 (I 5)
R463 (I 5)
C188 (I 5)
K20 (I 5)
K25 (I 5)
K23 (I 5)
K2 (I 5)
K27 (I 5)

Рис. 8 .6. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-96 (лист 5)

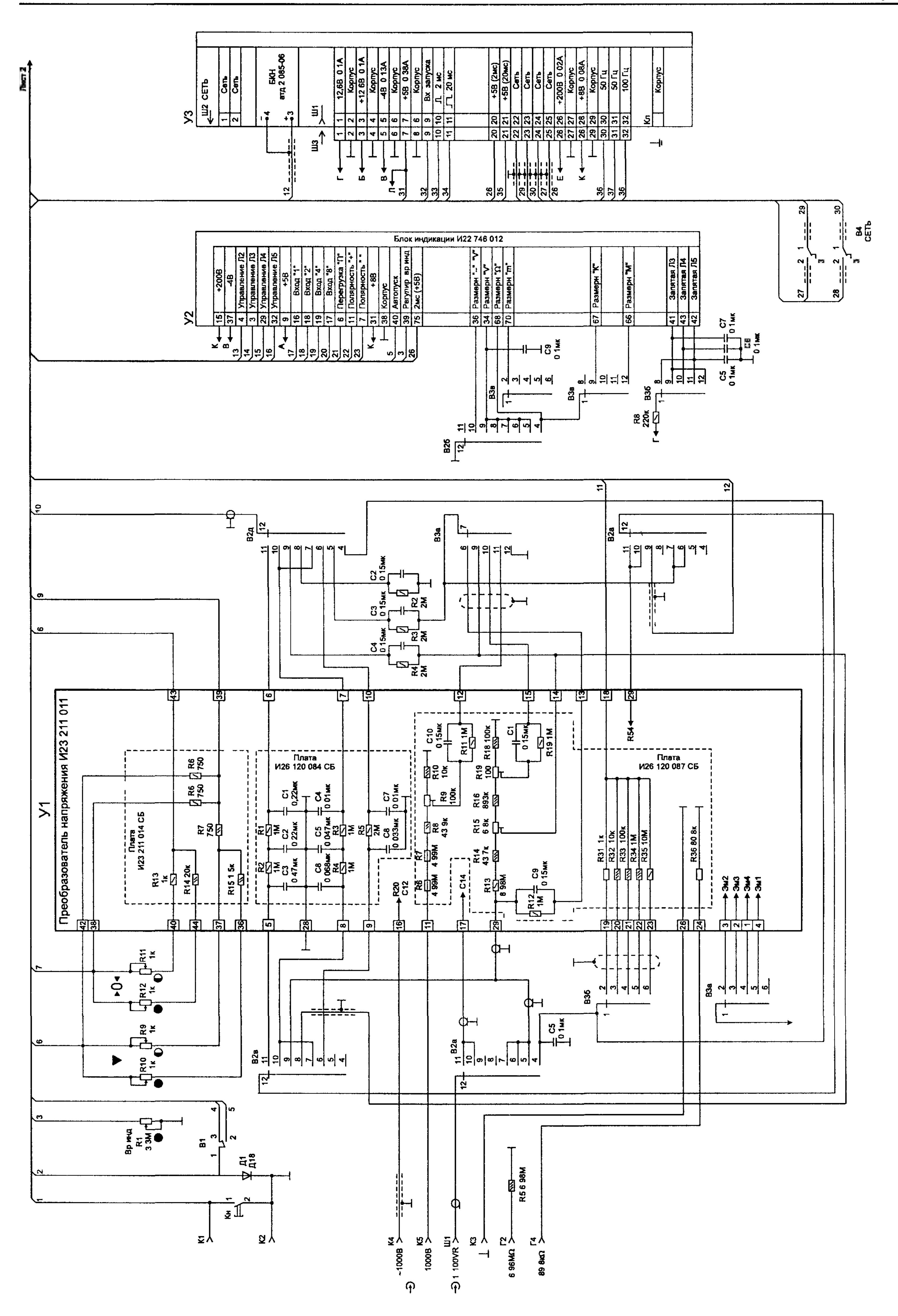


Рис 9 1 Схема принципиальная электрическая вольтметра универсального В7-16 (лист 1)

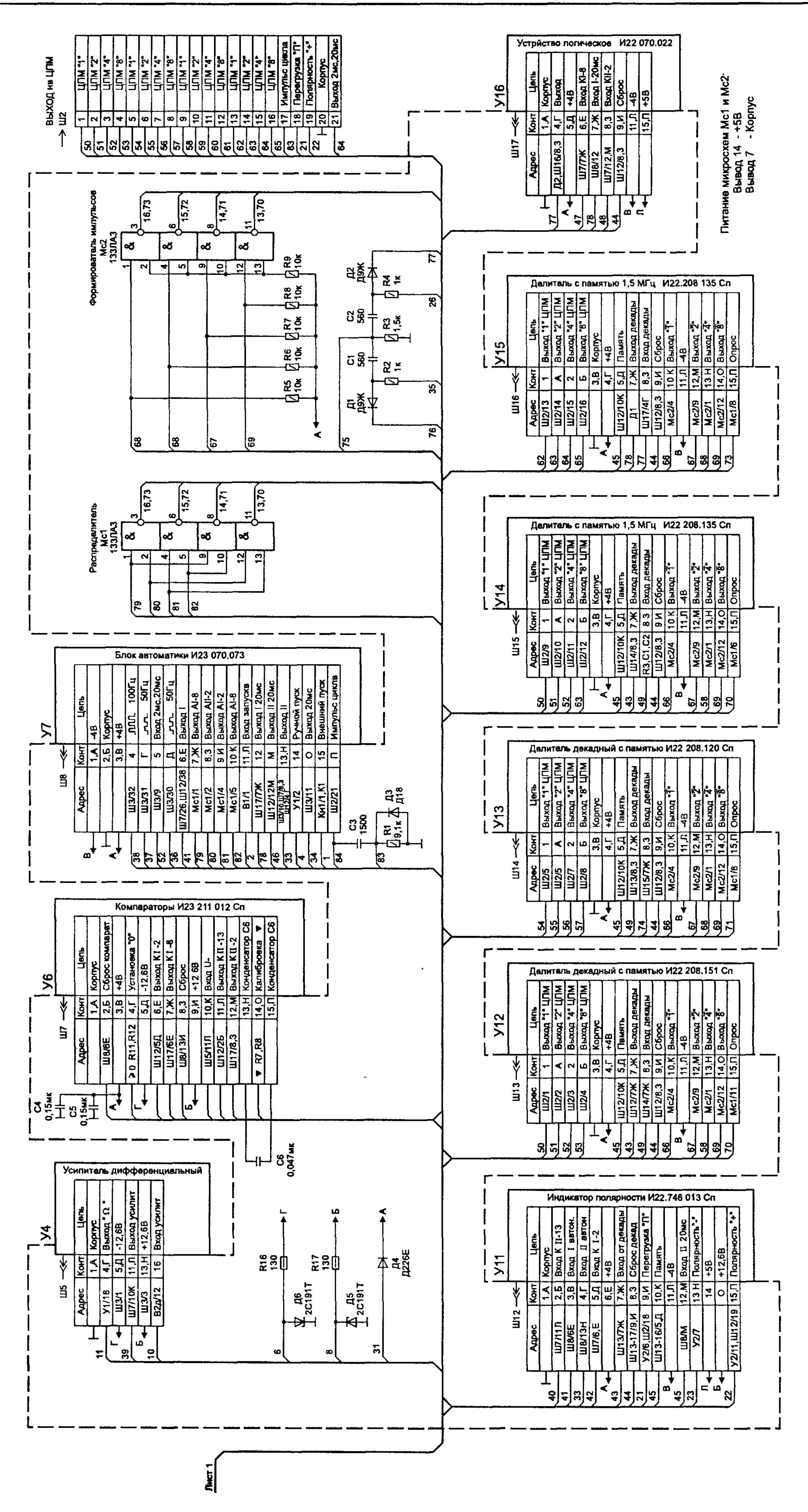


Рис. 9.2. Схема принципиальная электрическая вольтметра универсального В7-16 (лист 2)

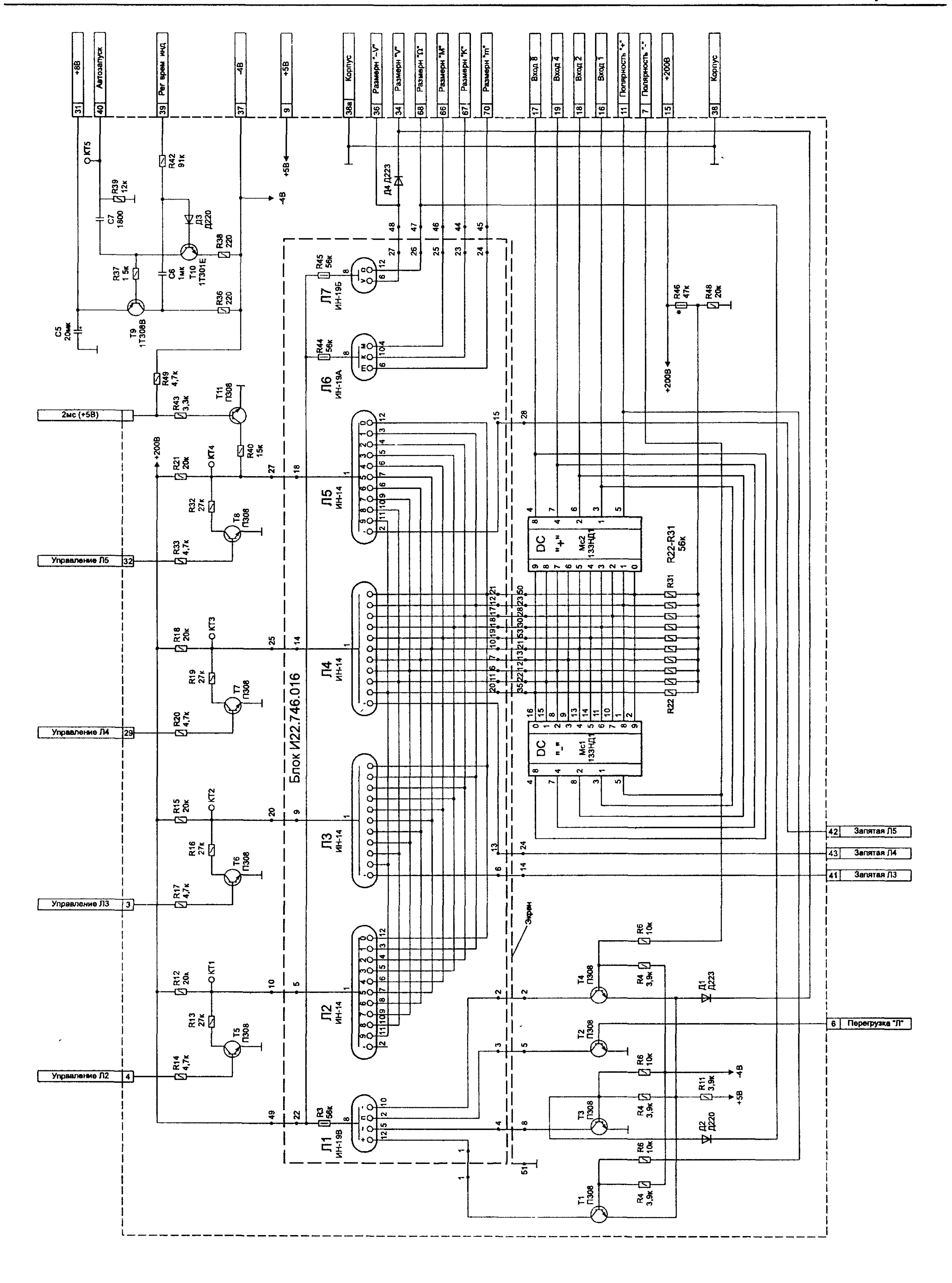
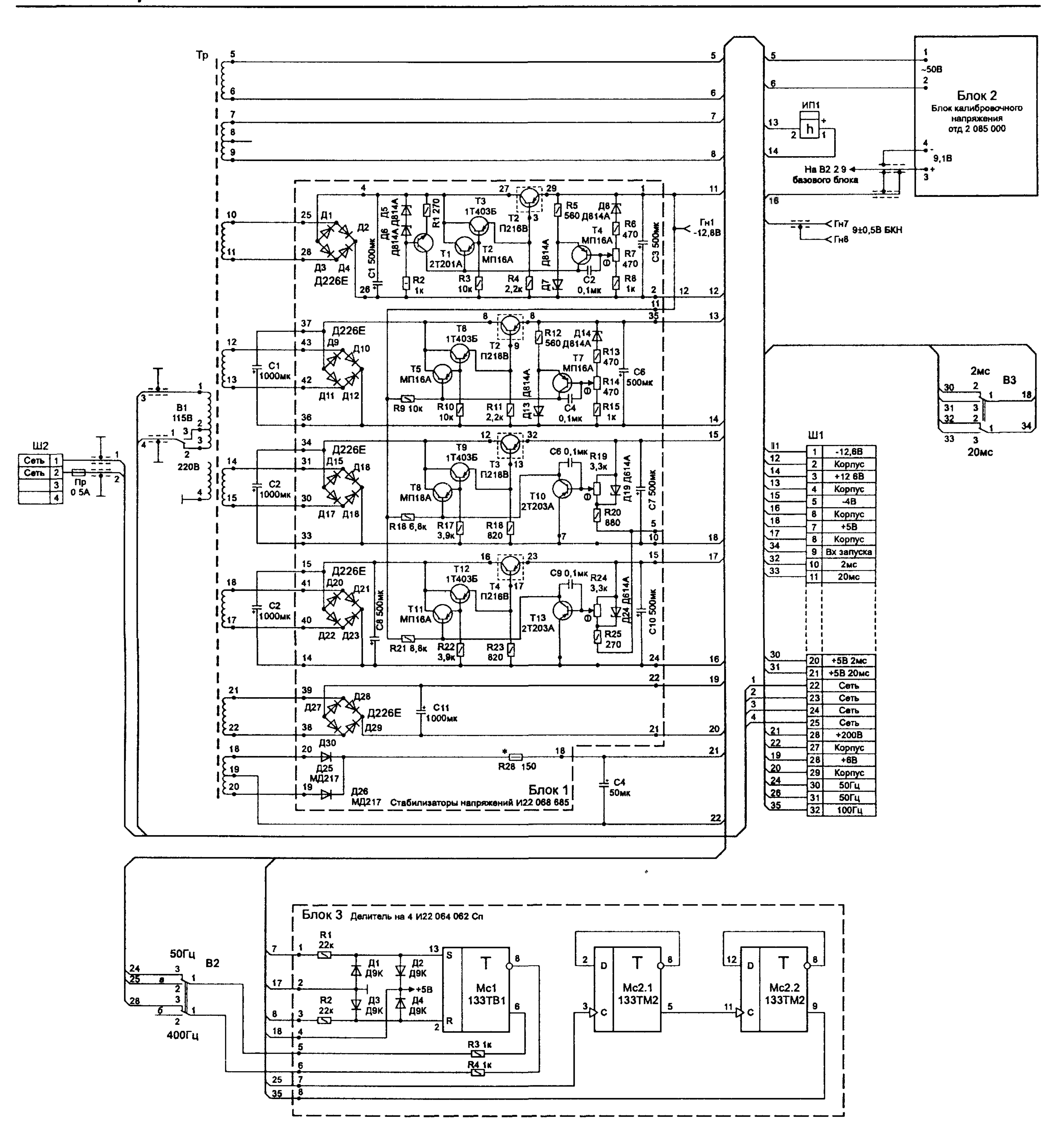


Рис. 9.3. Схема принципиальная электрическая блока индикации вольтметра В7-16



1	1	-12,6В
12	2	Корпус
14	3	+12 6В
13	4	Корпус
15	5	-4В
16	6	Корпус
18	7	+5В
17	8	Корпус
34	9	Вх запуска
32	10	2мс
33	11	20мс
30	20	+5В 2мс
31	21	+5В 20мс
1	22	Сеть
2	23	Сеть
3	24	Сеть
4	25	Сеть
21	26	+200В
22	27	Корпус
19	28	+6В
20	29	Корпус
24	30	50Гц
26	31	50Гц
35	32	100Гц

Рис. 9.4. Схема принципиальная электрическая блока питания вольтметра В7-16

Рис. 9.5. Схема принципиальная электрическая делителя декадного с памятью вольтметра В7-16 (лист 1)

Рис. 9.6. Схема принципиальная электрическая делителя декадного с памятью вольтметра В7-16 (лист 2)

Рис. 9.7. Схема принципиальная электрическая делителя декадного с памятью 1,5 МГц вольтметра В7-16

Рис. 9.8. Схема принципиальная электрическая индикатора полярности, перегрузок вольтметра В7-16

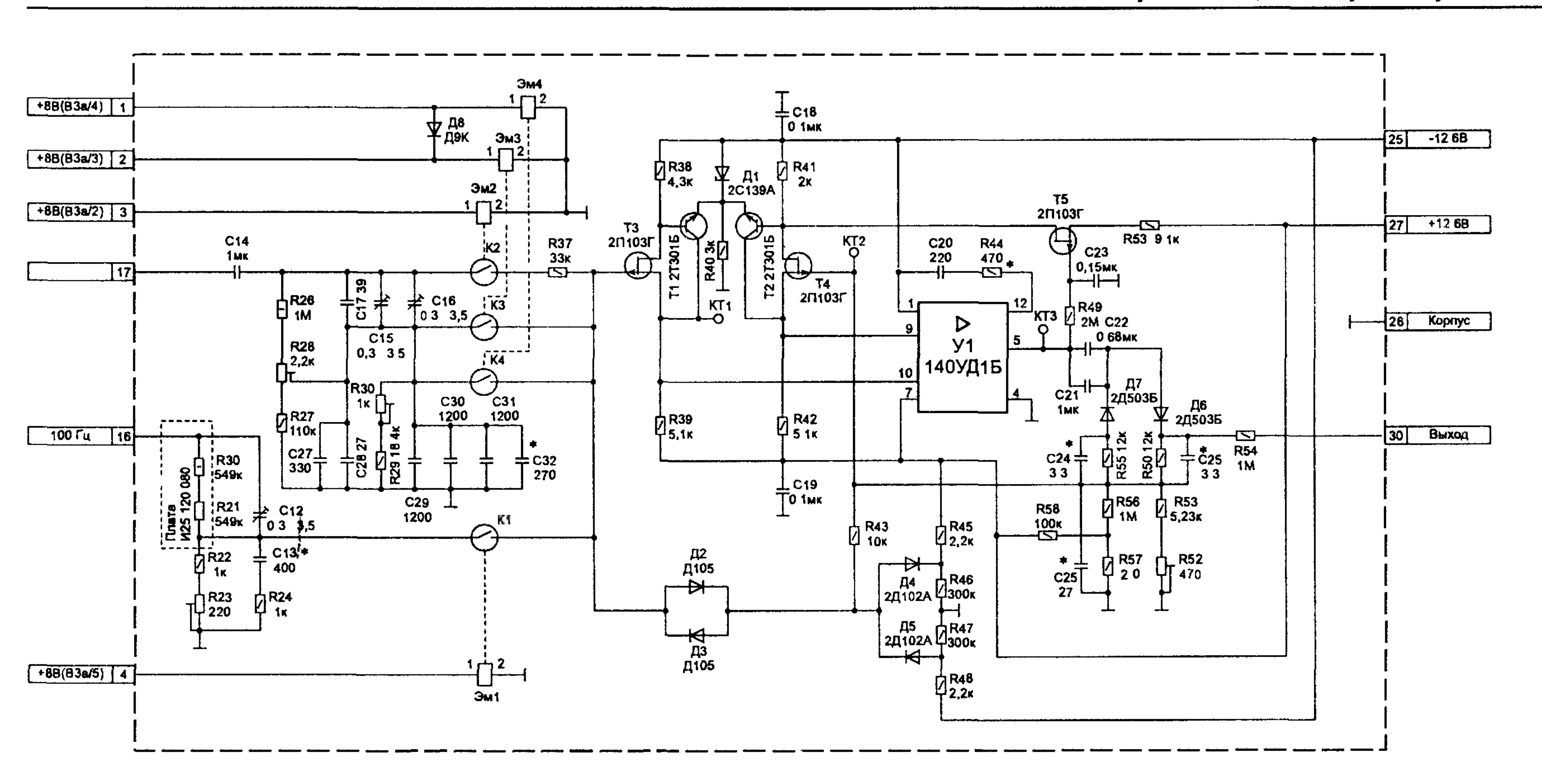


Рис. 9.9. Схема принципиальная электрическая преобразователя напряжения вольтметра В7-16

ПЕРИОД ПОВТОРЕНИЯ τ μS
ВРЕМЕННОЙ СДВИГ DμS
ДЛИТЕЛЬНОСТЬ τ μS
АМПЛИТУДА AV
СЕТЬ
ЗАПУСК
ВНУТРЕННИЙ
ВНЕШНИЙ
ВНЕШНИЙ 1kΩ 50В max
60В max
Устройство входное УВ
Устройство задержки УЗ
Устройство длительности УД
Формирователь выходной ФВ
УП
Устройство питания
Время наработки
ИП1
СЕТЬ 50, 400Гц
220В 1А
115В 1А
СИНХРОИМПУЛЬСЫ

Рис. 10.1. Схема соединений генератора импульсов Г5-63

Рис. 10.2. Входное устройство генератора импульсов Г5-63

Рис. 10.3. Устройство задержки генератора импульсов Г5-63

Рис. 10.4. Устройство длительности генератора импульсов Г5-63

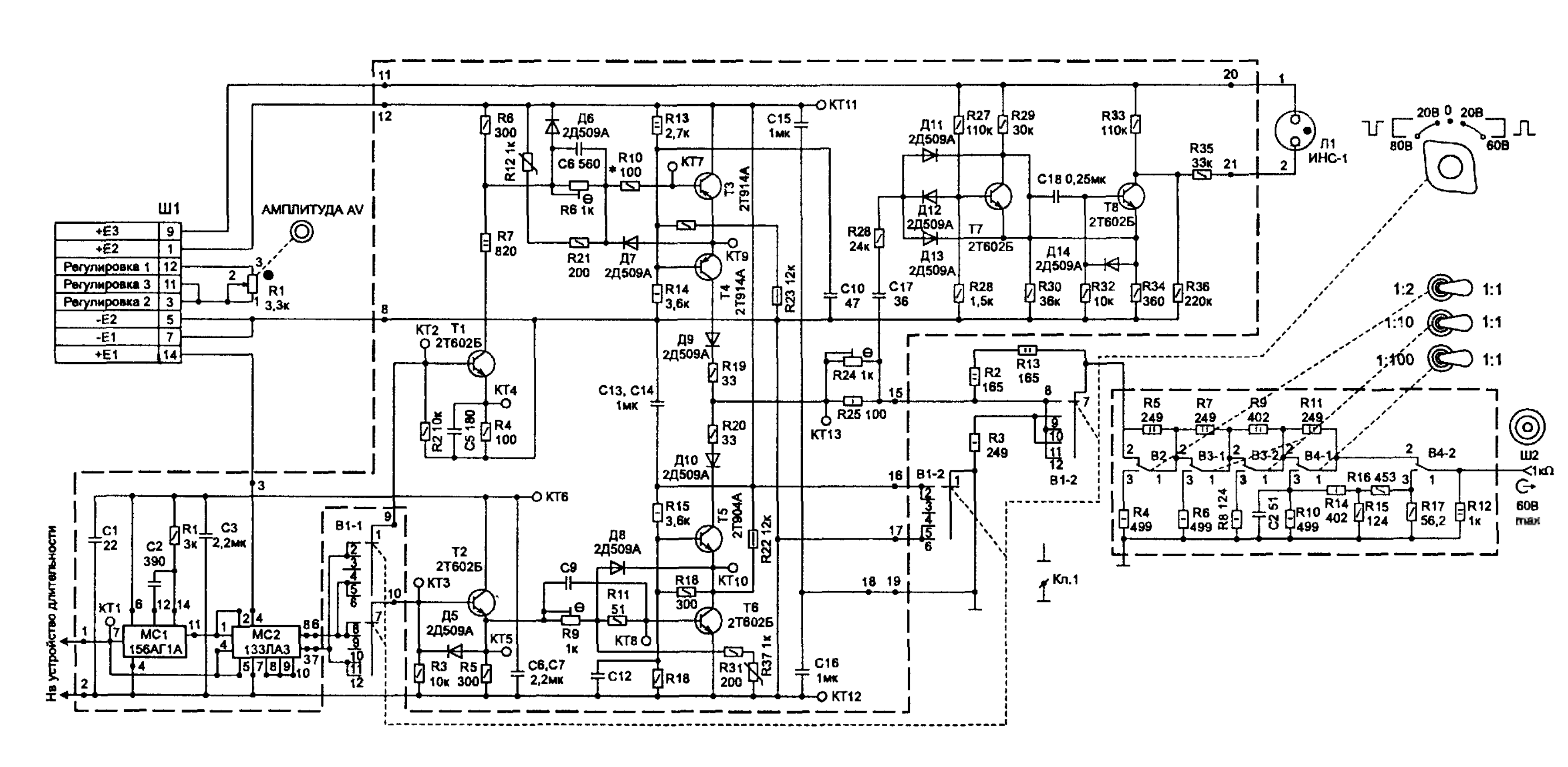


Рис. 10.5. Входной формирователь генератора импульсов Г5-63

Рис 10.6. Устройство питания генератора импульсов Г5-63

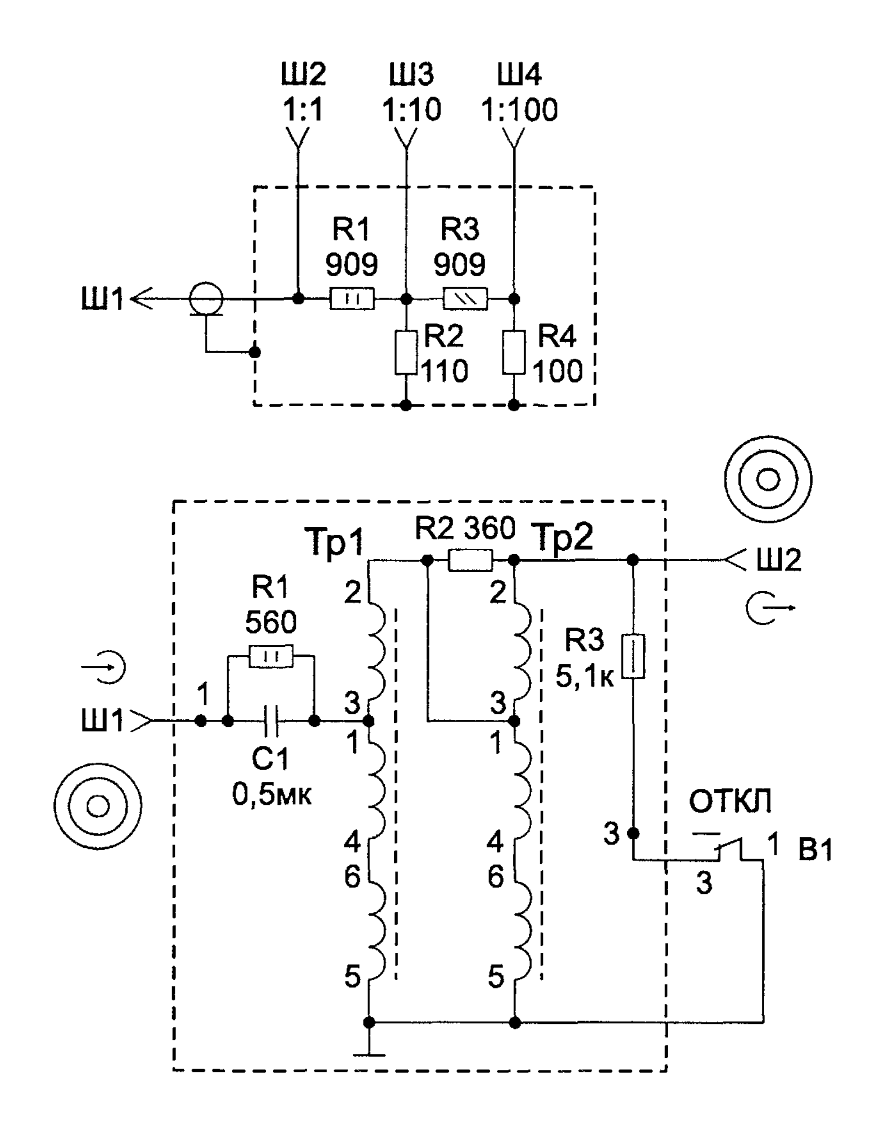


Рис. 10.7. Делитель и устройство повышения амплитуды генератора импульсов Г5-63

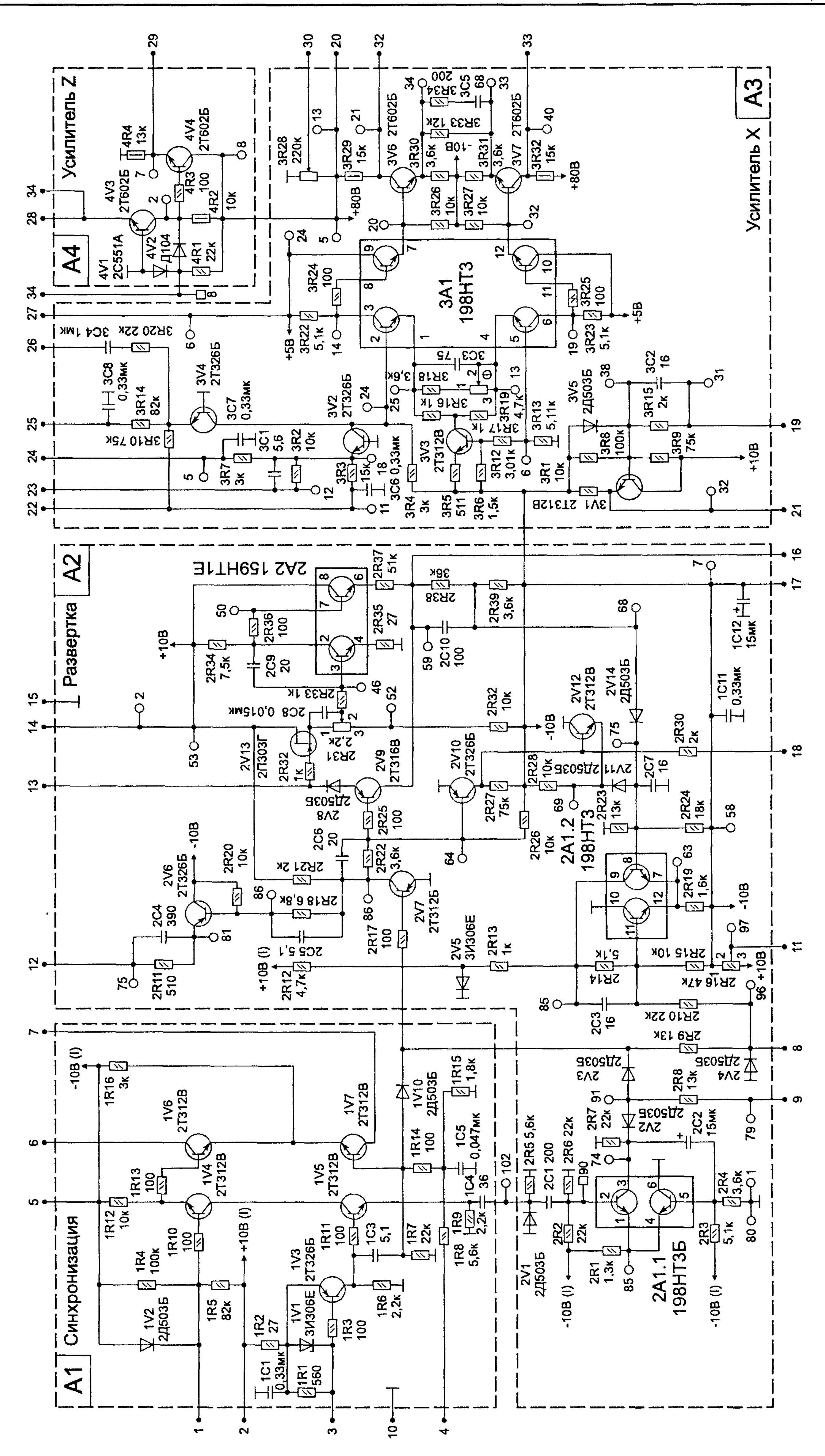


Рис. 11.1. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-107 (лист 1)

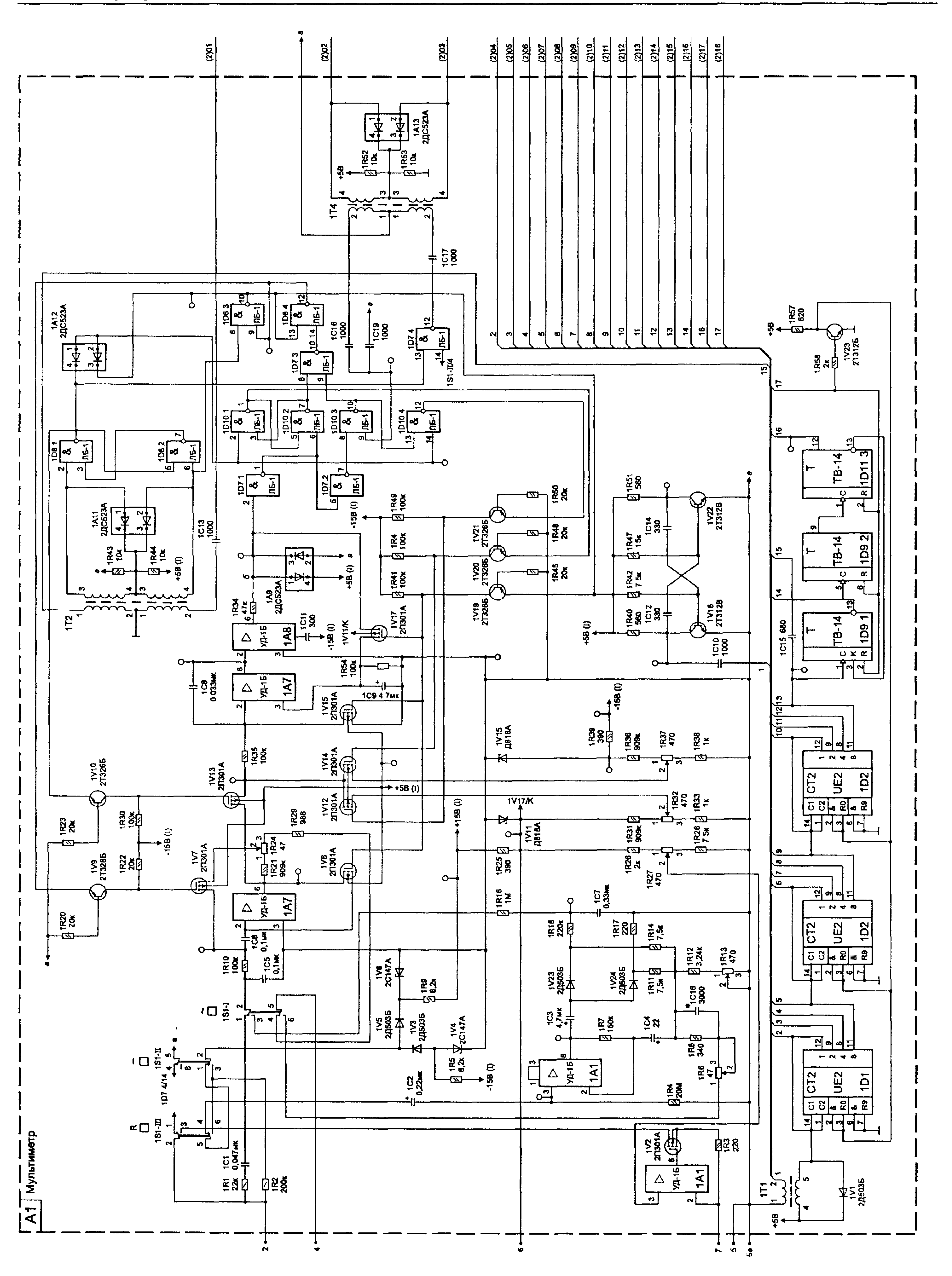


Рис. 11.2. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-107 (лист 2)

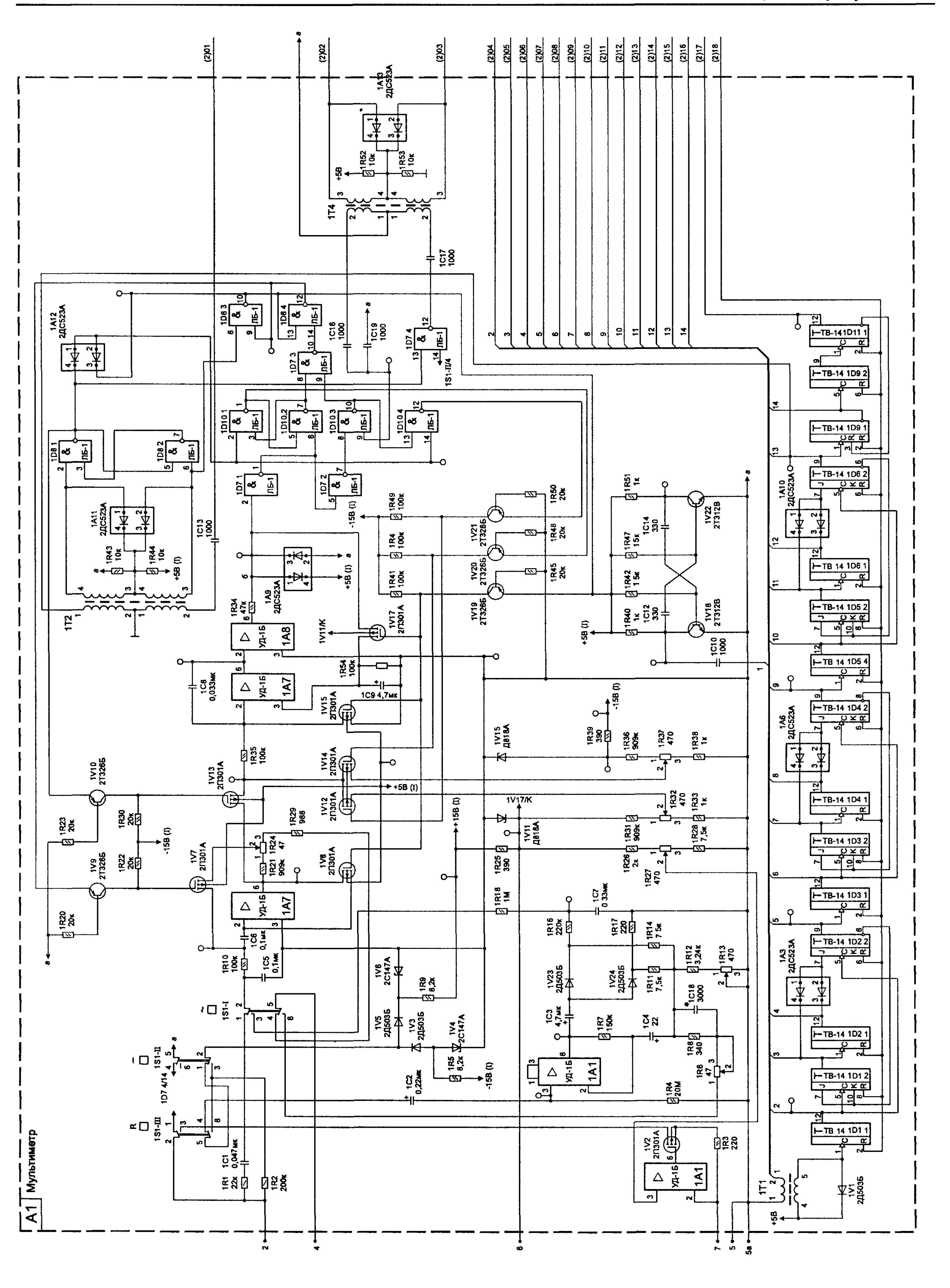


Рис 11.3 Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-107 (лист 2) (вариант Б)

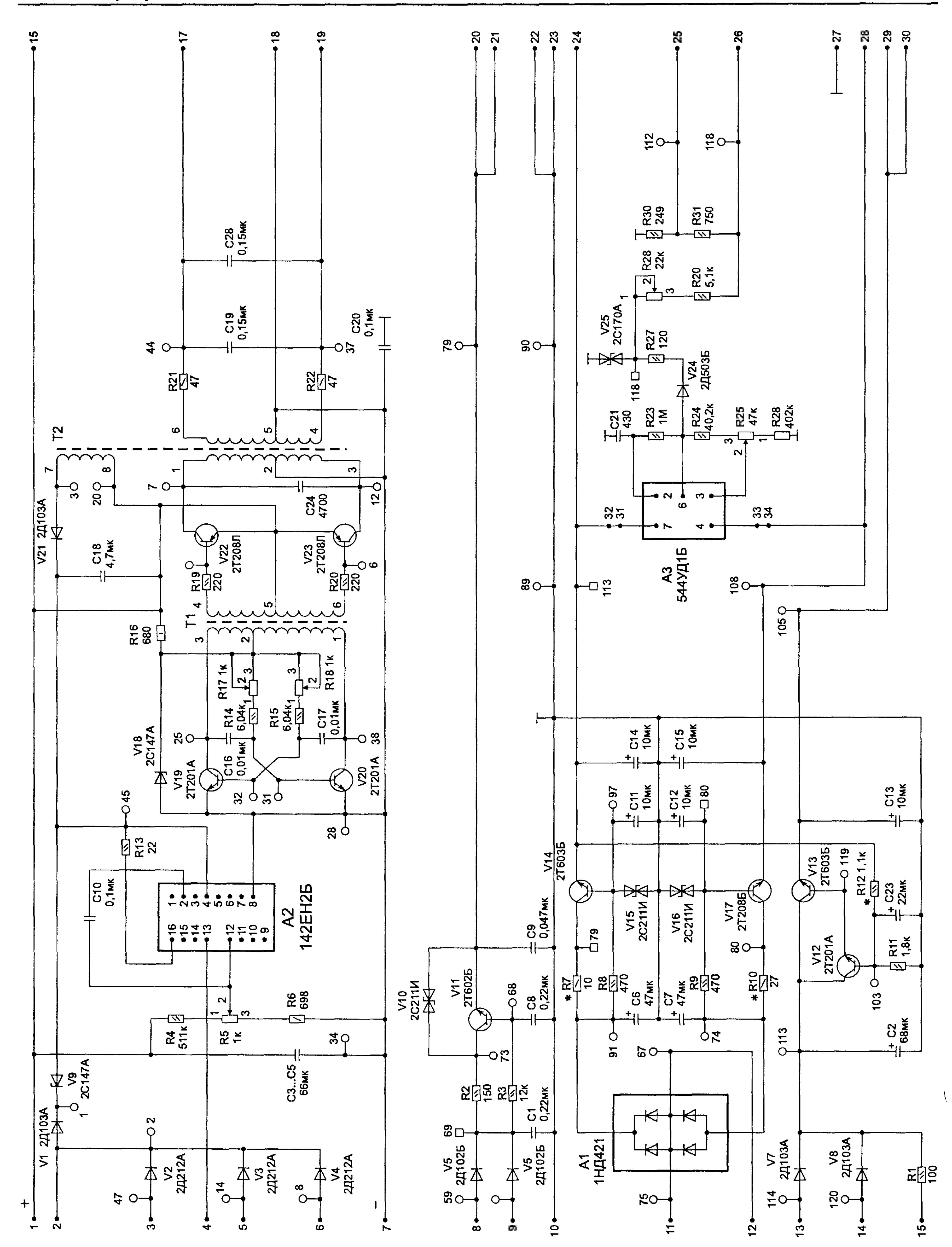


Рис. 11.4. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-107 (лист 3)

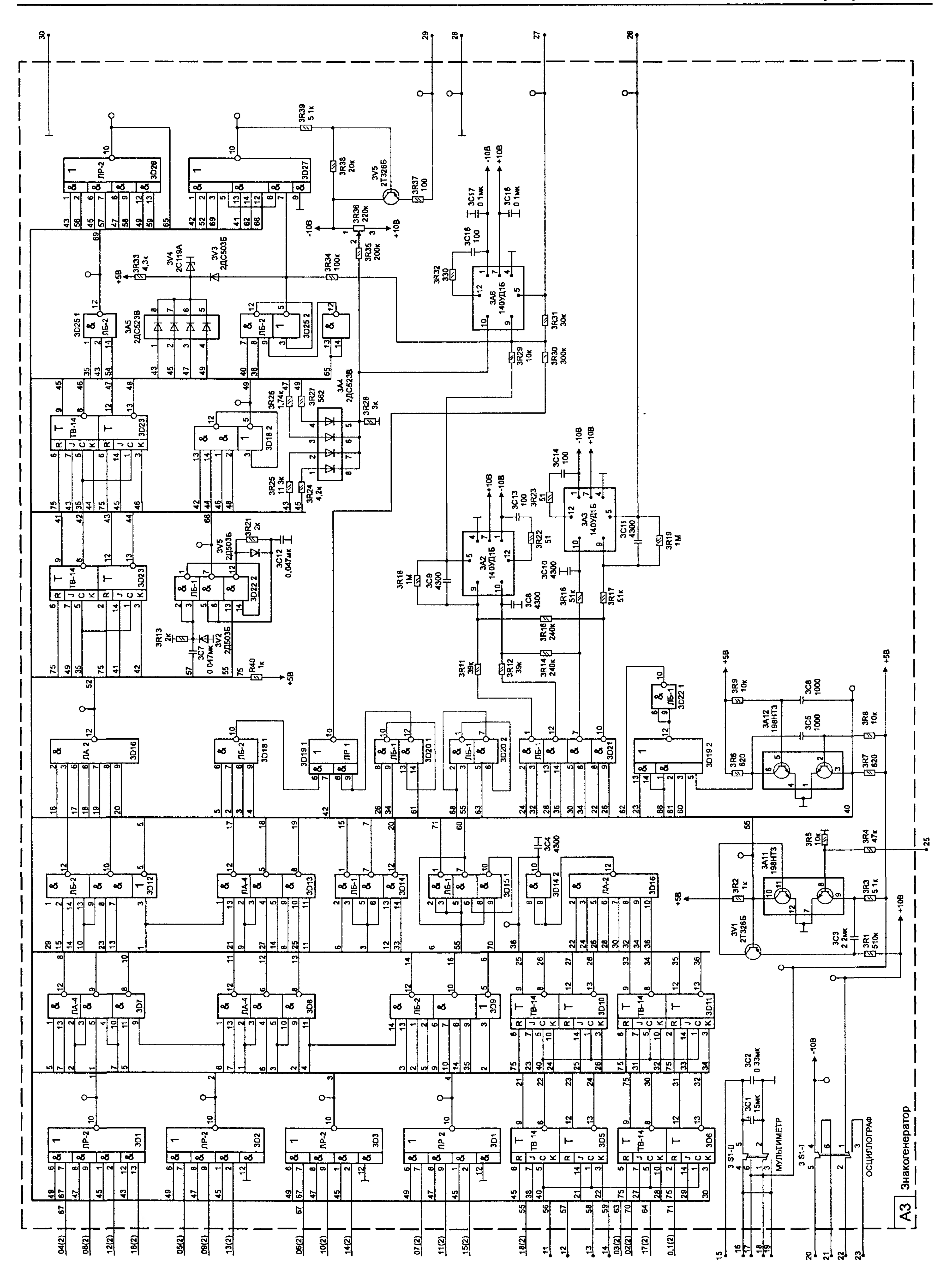


Рис. 11.5. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-107 (лист 4)

Рис 11 6 Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-107 (лист 5)

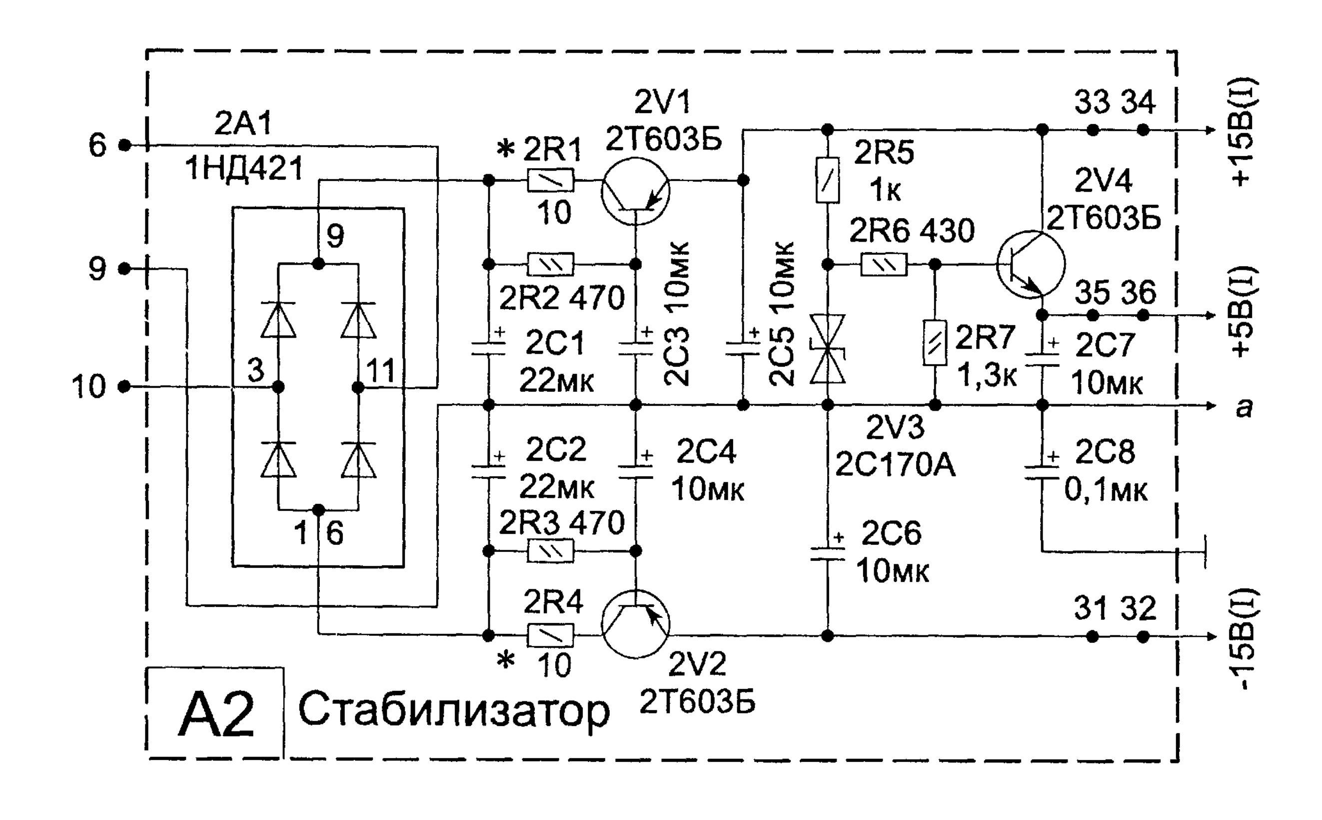


Рис. 11.7. Схема принципиальная электрическая стабилизатора осциллографа С1-107 (лист 6)

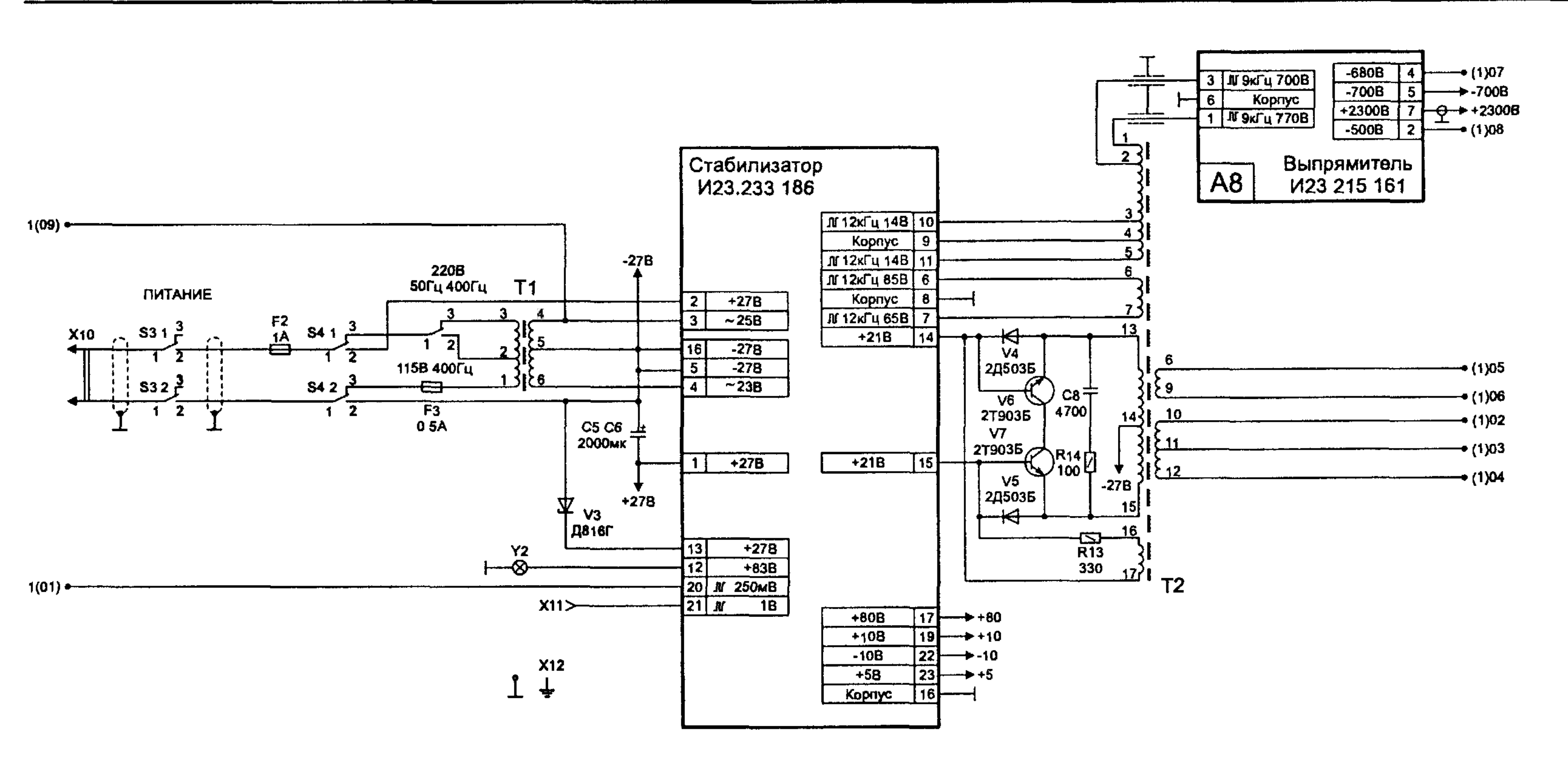
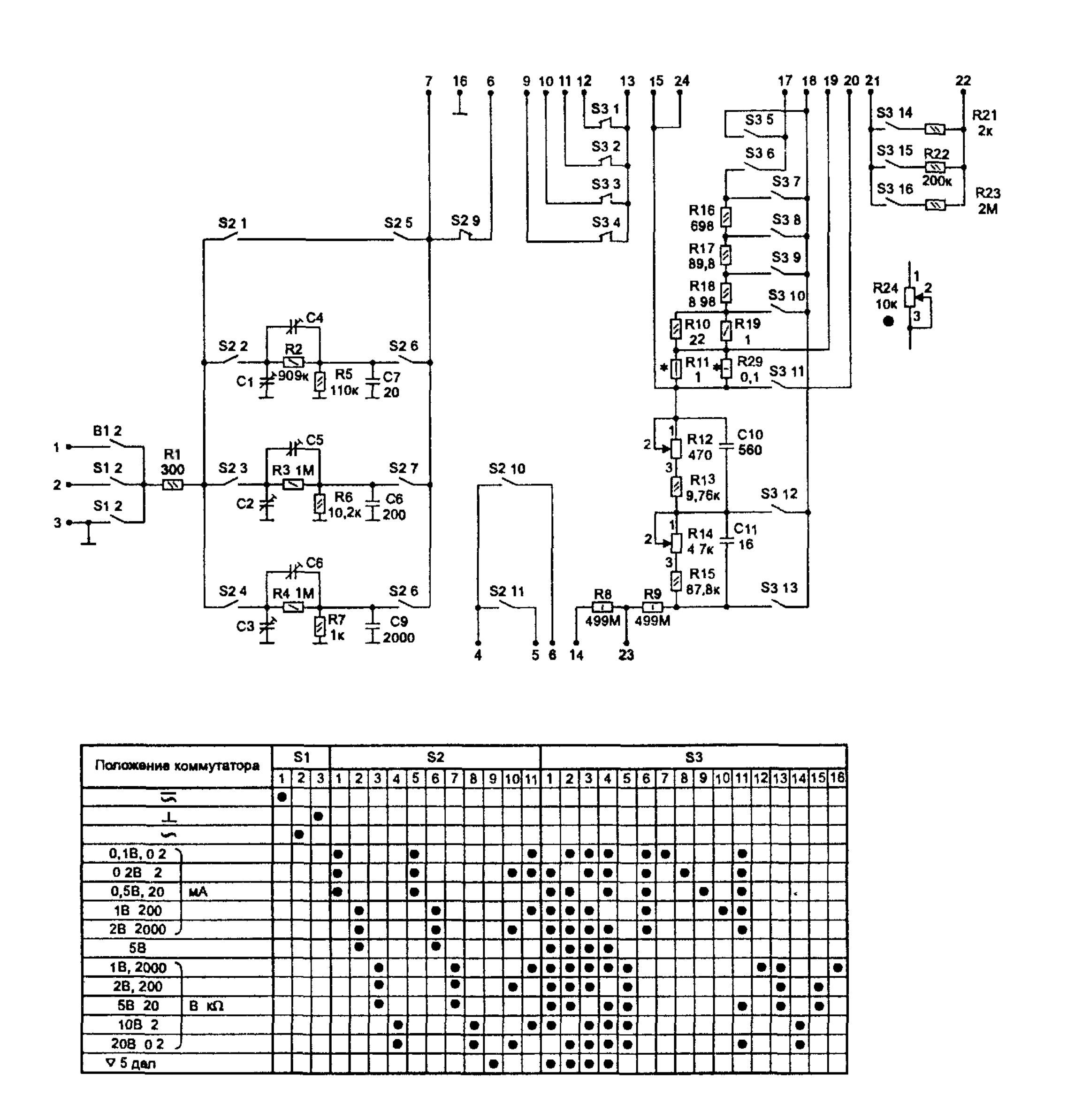


Рис. 11.8. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-107 (лист 7)



Положение коммутатора	S1			S2											S3															
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
≂	●																													
⊥			●																											
~		●																												
0,1В, 0 2				●				●						●		●	●	●		●	●				●					
0 2В 2				●				●					●	●	●		●	●		●		●			●					
0,5В, 20 мА				●				●							●	●		●		●			●		●					
1В 200					●				●					●	●	●	●			●				●	●					
2В 2000					●				●				●		●	●	●	●		●					●					
5В					●				●						●	●	●	●												
1В, 2000						●				●				●	●	●	●	●	●							●	●			●
2В, 200						●				●			●		●	●	●		●								●		●	
5В 20 В кΩ						●				●					●	●		●	●						●		●		●	
10В 2							●				●			●	●		●	●	●									●		
20В 0 2							●				●		●			●	●	●	●						●			●		
∇ 5 дел												●			●	●	●	●												

Рис. 11.9. Схема принципиальная электрическая аттенюатора осциллографа С1-107 (лист 8)

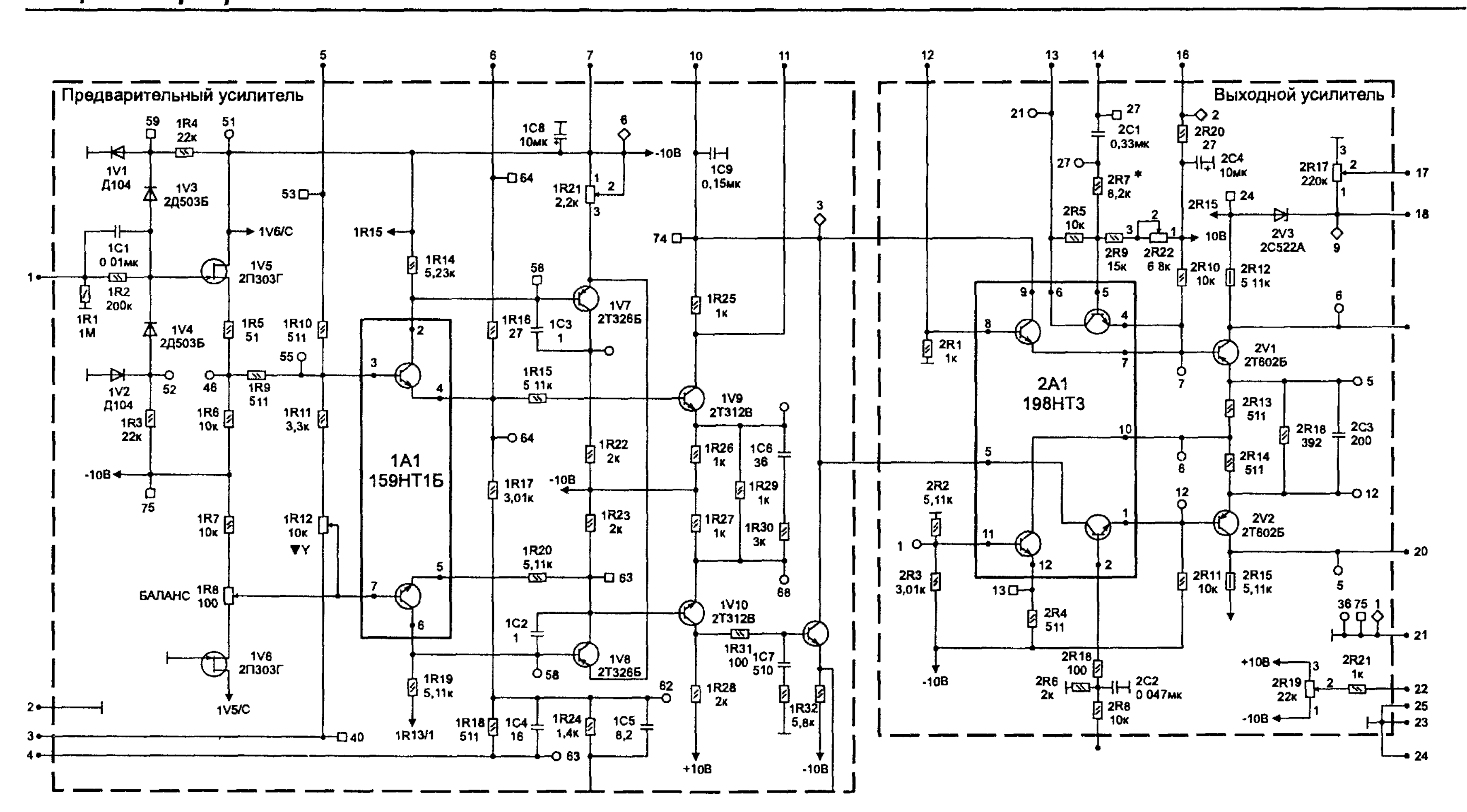


Рис. 11.10. Схема принципиальная электрическая осциллографа С1-107 (лист 9)